



Francisco Cristo Cerqueira  
Vilarinho Costa

**Desenvolvimento de uma Bicicleta Adaptada para  
Paraplégicos**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Carlos Alberto Moura Relvas, professor auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro e co-orientação do Professor Doutor António Manuel de Amaral Monteiro Ramos, professor auxiliar convidado do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

## O júri

Presidente

**Professor Doutor Rui Pedro Ramos Cardoso**

Professor auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Arguente

**Professor Doutor José António de Oliveira Simões**

Director da Escola Superior de Artes e Design - Matosinhos

Orientador

**Professor Doutor Carlos Alberto Moura Relvas**

Professor auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Co-orientador

**Professor Doutor António Manuel de Amaral Ramos**

Professor auxiliar convidado do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

## **Agradecimentos**

Ao meu orientador, Professor Doutor Carlos Relvas, por toda a disponibilidade, apoio e trocas de ideias. A sua colaboração e espírito crítico foram importantes contribuições para este projecto, sem as quais não teria tido sucesso.

Ao meu co-orientador, Professor Doutor António Ramos, pela cooperação e perspectivas dadas ao longo deste projecto.

À Dr.<sup>a</sup> Gracinda Martins, Coordenadora do Gabinete Pedagógico da Universidade de Aveiro, pela importante contribuição dada no agendamento das entrevistas.

Ao Cristiano Magalhães, ao Manuel Leite, ao Paulo Lourenço e à Ana Lemos pela disponibilidade e pelos relatos da sua experiência como paraplégicos.

A todos os meus colegas e professores, que, de alguma forma, me inspiraram, ajudaram ou contribuíram para que conseguisse cumprir os meus objectivos.

Aos meus amigos e à minha família, em particular aos meus pais e irmãos, pela amizade, pela boa disposição e pelo apoio incondicional dado ao longo destes meses.

**Palavras-chave**

Desenvolvimento de Produto, Concepção de Dispositivos Médicos, Veículos Adaptados, Paraplegia, Acessibilidade Urbana

**Resumo**

O desenvolvimento de uma bicicleta adaptada para paraplégicos teve por objectivo a criação de uma solução viável que permitisse responder às dificuldades e limitações causadas pelas barreiras arquitectónicas quando uma pessoa paraplégica tem necessidade de efectuar percursos superiores a quinhentos metros, utilizando a cadeira de rodas. Este projecto iniciou-se com a análise da legislação em vigor sobre mobilidade, com especial relevo para a mobilidade em cadeira de rodas, e das condições de acessibilidade urbana existentes, considerando um percurso tipo realizado na perspectiva de um paraplégico.

A metodologia desenvolvida passou pelo uso de ferramentas de análise de oportunidade, como a Matriz de Qualidade e a Matriz de Produto, ferramentas de apoio ao desenvolvimento conceptual, como a Análise Morfológica, e desenvolvimento do projecto de detalhe e fabrico. Deste modo, confrontando diferentes requisitos e soluções propostas, chegou-se a um conceito inovador e com potencial de desenvolvimento.

Ao desenvolver o conceito escolhido para o dispositivo ao nível do projecto de detalhe e da sua implementação prática em contexto real, elaborou-se uma proposta que melhor sustenta a potencial viabilidade da solução desenvolvida.



**Keywords**

Product Development, Conception of Medical Devices, Adapted Vehicles, Paraplegia, Urban Accessibility

**Abstract**

The development of an adapted bicycle for paraplegics intends to create a viable solution that provides a way to surpass the difficulties and limitations caused by architectonic barriers when a paraplegic needs to travel routes superior to five hundred meters, using a wheelchair. The starting point for this project was an analysis of the existing legislation about mobility, with special focus on wheelchair mobility, and of the existing conditions of urban accessibility, considering a specific route from the point a view of a paraplegic.

The chosen method used tools allowing the analysis of opportunities, such as Quality Function Deployment, the systematization of the conceptual development process, such as Morphological Analysis, and the development at detail and manufacturing level. Using this method and confronting different requirements and proposals, a innovative concept with good development potential was obtained.

Developing the chosen concept at detail level and studying viable way of implementing it in a real context has allowed a more elaborate proposal, sustaining the applicability of this concept, to be delivered.

## ÍNDICE GERAL

ÍNDICE GERAL.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
ÍNDICE DE TABELAS.....	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	vi
OBJECTIVOS .....	vii
INTRODUÇÃO.....	viii
1 PARAPLEGIA: CARACTERÍSTICAS E IMPLICAÇÕES.....	1
2 ACESSIBILIDADE E BARREIRAS ARQUITECTÓNICAS .....	5
2.1 Acessibilidade na Via Pública .....	7
2.2 Acessibilidade de Edifícios e Estabelecimentos em Geral .....	10
2.3 Caso de Estudo .....	13
2.3.1 Estudo de Acessibilidade na Estação de Comboios de Aveiro .....	14
2.3.2 Estudo da Acessibilidade entre a Estação e a Universidade.....	16
2.3.3 Estudo da Acessibilidade na Universidade de Aveiro .....	28
3 ANÁLISE DA CONCORRÊNCIA .....	33
3.1 BerkelBike Pro .....	33
3.2 BerkelBike Classic .....	34
3.3 Speedy-Elight.....	35
3.4 Rainbow EH da Skywheel .....	35
3.5 One-Off Handcycle .....	36
3.6 FreeWheel .....	37
3.7 Mountain Trike.....	38
4 DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE OPORTUNIDADE.....	41
4.1 Metodologia das Entrevistas .....	42
4.2 Análise das Entrevistas .....	43
4.3 Matriz de Qualidade.....	46
4.4 Matriz de Produto .....	49
5 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO .....	53

5.1	Análise Morfológica .....	53
5.2	Proposta Conceptual Inicial.....	56
5.3	Proposta Conceptual Final .....	57
5.4	Projecto de Detalhe.....	61
5.5	Discussão da Solução .....	70
6	CONCLUSÕES.....	73
	REFERÊNCIAS .....	75
	ANEXO I.....	I
	ANEXO II.....	IV
	ANEXO III.....	VII
	ANEXO IV .....	IX
	ANEXO V .....	XI
	ANEXO VI .....	XIII
	ANEXO VII .....	XV

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Coluna Vertebral e Medula Espinal [1] .....	1
Figura 1.2 – Localização da Lesão e Actividades Funcionais Afectadas [2] .....	2
Figura 1.3 – Cadeira de Rodas Manual [3] .....	3
Figura 1.4 – Cadeira de Rodas Eléctrica [4] .....	3
Figura 2.1 – Passeios e Caminhos de Peões [8] .....	8
Figura 2.2 – Rampas [8] .....	8
Figura 2.3 – Passagens de Peões [8] .....	9
Figura 2.4 – Grelhas e Juntas no Piso [8] .....	10
Figura 2.5 – Corredores e Galerias [8] .....	11
Figura 2.6 – Portas [8] .....	11
Figura 2.7 – Plataformas Elevatórias [8] .....	12
Figura 2.8 – Trajecto entre a Estação de Comboios e a UA [9] .....	13
Figura 2.9 – Estação da CP: Elevador .....	15
Figura 2.10 – Estação da CP: Rampa Exterior .....	15
Figura 2.11 – Estação da CP: Rampa Interior .....	16
Figura 2.12 – Passeio Largo e Nivelado .....	16
Figura 2.13 – Troço de Passeio com Largura de 0,68 m .....	17
Figura 2.14 – Troço de Passeio com Largura de 0,57 m .....	17
Figura 2.15 – Passeio com Inclinação Acentuada (1) .....	18
Figura 2.16 – Passeio com Inclinação Acentuada (2) .....	18
Figura 2.17 – Passeio com Inclinação Acentuada (3) .....	19
Figura 2.18 – Passeio com Inclinação Acentuada (4) .....	19
Figura 2.19 – Passeio com Inclinação Acentuada (5) .....	20
Figura 2.20 – Passagem de Peões em Passeio Inclinado (1) .....	20
Figura 2.21 – Passagem de Peões em Passeio Inclinado (2) .....	21
Figura 2.22 – Rampa com Desnível Excessivo .....	22
Figura 2.23 – Passagem de Peões Inacessível .....	22
Figura 2.24 – Rampa de Acesso a Farmácia .....	23
Figura 2.25 – Piso com Calçada Hexagonal .....	23

Figura 2.26 – Piso com Placas Rugosas .....	24
Figura 2.27 – Piso com Placas Lisas.....	24
Figura 2.28 – Passagem de Peões com Buraco .....	24
Figura 2.29 – Passagem de Peões Degradada.....	25
Figura 2.30 – Zona de Passeio com Buracos .....	25
Figura 2.31 – Zona de Passeio com Buracos e Areia .....	25
Figura 2.32 – Depressão no Passeio .....	26
Figura 2.33 – Calçada levantada por Raízes de Árvore .....	26
Figura 2.34 – Obras no Passeio.....	26
Figura 2.35 – Passagem de Peões em mau estado (1).....	27
Figura 2.36 – Passagem de Peões em mau estado (2).....	27
Figura 2.37 – Passagem de Peões em mau estado (3).....	28
Figura 2.38 – Rampa de Acesso na UA, junto à Reitoria.....	28
Figura 2.39 – Rampa de Acesso na UA, junto à Biblioteca.....	29
Figura 2.40 – Entrada do Departamento de Engenharia Mecânica.....	29
Figura 2.41 – Entrada do Departamento de Engenharia Civil.....	30
Figura 2.42 – Grades de Escoamento .....	30
Figura 2.43 – Rampa e Grades de Escoamento .....	31
Figura 2.44 – Comparação de Percursos .....	32
Figura 3.1 – BerkelBike Pro [10].....	34
Figura 3.2 – Cadeira de Rodas (esq.) e BerkelBike Classic (dir.) [10] .....	34
Figura 3.3 – Speedy-ELight [11] .....	35
Figura 3.4 – Rainbow EH [12].....	36
Figura 3.5 – One-Off Handcycle [13].....	37
Figura 3.6 – FreeWheel [14] .....	38
Figura 3.7 – Mountain Trike [15] .....	38
Figura 5.1 – Análise Morfológica (1) .....	54
Figura 5.2 – Análise Morfológica (2) .....	55
Figura 5.3 – Proposta Conceptual Inicial (1) .....	56
Figura 5.4 – Proposta Conceptual Inicial (2) .....	56
Figura 5.5 – Escultura de uma Quadriga Romana.....	58
Figura 5.6 – Material Base, Embalado .....	58
Figura 5.7 – Material Base, Desembalado .....	59

Figura 5.8 – Cadeira de Rodas e Bicicleta em FIMO.....	59
Figura 5.9 – Cadeira de Rodas Inserida na Bicicleta.....	60
Figura 5.10 – Bicicleta em FIMO .....	60
Figura 5.11 – Cadeira de Rodas em FIMO.....	61
Figura 5.12 – Modelo Final, com Cadeira de Rodas Acoplada .....	62
Figura 5.13 – Modelo Final, sem Cadeira de Rodas .....	62
Figura 5.14 – Interior da Estrutura .....	63
Figura 5.15 – Roda Traseira .....	64
Figura 5.16 – Puxador da Rampa .....	64
Figura 5.17 – Rampa de Acesso Recolhida.....	65
Figura 5.18 – Rampa de Acesso Descida .....	65
Figura 5.19 – Parte Frontal .....	66
Figura 5.20 – Cobertura Frontal e Casquilho .....	66
Figura 5.21 – Parte Frontal Isolada .....	67
Figura 5.22 – Roda Frontal.....	67
Figura 5.23 – Punhos e Sistema de Transmissão (1) .....	68
Figura 5.24 – Punhos e Sistema de Transmissão (2) .....	68
Figura 5.25 – Punhos com Cobertura e Sistema de Transmissão .....	69
Figura 5.26 – Sistema de Travagem com Rotor [19] .....	69
Figura 5.27 – Modelo Computacional – Chapa Deformada.....	70
Figura 5.28 – Estudo da Integração de Publicidade.....	71

## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 2.1 – Tempos do Percurso utilizando Diferentes Meios de Locomoção .....	14
Tabela 4.1 – Perfil dos Entrevistados.....	43
Tabela 4.2 – Importância Atribuída aos Parâmetros Definidos .....	45

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico 4.1 – Priorização da Procura .....	45
Gráfico 4.2 – Priorização Revista da Procura .....	48
Gráfico 4.3 – Importância das Características Corrigida.....	48
Gráfico 4.4 – Importância das Partes.....	50
Gráfico 4.5 – Importância das Partes Corrigida .....	51

## OBJECTIVOS

O trabalho realizado no âmbito desta dissertação teve como objectivo o desenvolvimento de um dispositivo, análogo a uma bicicleta comum e que possa ser utilizado de maneira eficiente e confortável por um utilizador paraplégico nas suas rotinas diárias. Deste modo, pretendeu-se responder a uma lacuna existente em Portugal, onde actualmente não é comum a utilização de veículos destes tipo.

Para obter uma melhor noção das características desejáveis para este dispositivo, realizou-se um estudo sobre acessibilidade urbana, considerando o que está previsto na legislação e confrontando-o com situações concretas encontradas na cidade de Aveiro. Fizeram-se ainda entrevistas a algumas pessoas paraplégicas, condicionadas a cadeiras de rodas, realizando assim um levantamento dos seus desejos e necessidades em relação a este assunto.

A utilização de ferramentas concretas do processo de desenvolvimento de produto, como a Matriz de Qualidade ou a Matriz de Produto, permitiu sistematizar todo o processo de desenvolvimento, tendo sido obtido um veículo cujo conceito apresenta características que respondem satisfatoriamente aos aspectos valorizados pelos utilizadores e com potencial de comercialização face a outras ofertas deste tipo, mesmo considerando a oferta existente fora de Portugal.

A proposta final para o veículo partiu do conceito obtido, tendo sido elaborado e detalhado de modo a obter uma solução sustentável e viável em relação à sua implementação e usabilidade.



## INTRODUÇÃO

Durante as rotinas quotidianas de uma pessoa com mobilidade total a utilização de uma bicicleta pode adquirir uma importância fundamental, especialmente ao efectuar trajectos de pequenas e médias distâncias, nomeadamente no percurso diário entre a sua residência e o seu local de trabalho ou estudo. Actualmente, em Portugal, apesar da crescente preocupação em facilitar a utilização generalizada destes veículos (através da implementação de vias cicláveis nas cidades, por exemplo), não existem soluções satisfatórias que permitam a uma pessoa paraplégica, condicionada a uma cadeira de rodas, usufruir plenamente destas vias. Assim, este projecto teve como objectivo principal desenvolver uma bicicleta adaptada que pudesse ser facilmente usada por uma pessoa paraplégica, no dia-a-dia, para percorrer trajectos urbanos de maneira análoga a como um indivíduo sem alterações de mobilidade utiliza uma bicicleta dita normal. A bicicleta foi projectada de modo a contribuir para a autonomia do seu utilizador, permitindo que este ultrapasse as barreiras físicas que encontra e minimize as alterações do seu comportamento devido à sua condição. Foram previamente estudadas as particularidades do circuito urbano, como a topologia do solo e configurações arquitectónicas, e as especificidades deste contexto, como, por exemplo, questões relacionadas com a acomodação do utilizador. De notar que se utiliza o termo *bicicleta* em sentido lato, dado que o dispositivo desenvolvido tem três rodas.

É ainda relevante mencionar um aspecto fundamental deste projecto, relacionado com a integração da cadeira de rodas na bicicleta, evitando assim o processo de transferência do utilizador quando deseja utilizar a bicicleta, facilitando consideravelmente a sua utilização. Apesar do dispositivo desenvolvido poder ser utilizado plenamente por quase qualquer pessoa que se encontre condicionada a uma cadeira de rodas manual, foram definidas como público-alvo, no âmbito deste trabalho, as pessoas nesta situação devido a paraplegia.

A presente dissertação é composta por 7 capítulos, organizados do seguinte modo:

### **1. Paraplegia: Características e Implicações**

Este capítulo define, resumidamente, a paraplegia e as suas causas. Apresenta também quais as principais limitações para uma pessoa com esta condição, dando especial relevo àquelas que têm mais importância no presente contexto.

## **2. Acessibilidade e Barreiras Arquitectónicas**

O Capítulo 2 inicia-se apresentando algumas considerações sobre Design Universal, partindo de seguida para a questão da Acessibilidade, tendo sido feita uma análise da legislação em vigor e documentação de um caso de estudo, na cidade de Aveiro, à luz dessa legislação.

## **3. Análise da Concorrência**

No Capítulo 3 analisa-se a concorrência, apresentado diferentes soluções disponíveis no mercado para a presente problemática. É feita uma reflexão sobre os pontos positivos e negativos de cada uma das soluções apresentadas.

## **4. Desenvolvimento e Análise de Oportunidade**

Este capítulo explica a metodologia e resultados obtidos ao entrevistar algumas pessoas paraplégicas, partindo destes resultados para a elaboração da Matriz de Qualidade e Matriz de Produto, permitindo deste modo relacionar os aspectos valorizados pelo público-alvo com características concretas do dispositivo. O objectivo principal deste capítulo prende-se com a caracterização da oportunidade de intervenção.

## **5. Desenvolvimento de Produto**

No Capítulo 5 apresenta-se o desenvolvimento e análise de conceitos para o dispositivo, através de Análise Morfológica e Modelação, e o posterior desenvolvimento ao nível do detalhe, criando assim uma proposta sustentável para a bicicleta.

## **6. Conclusões**

O capítulo final apresenta as conclusões do trabalho realizado, fazendo uma análise crítica sobre os resultados obtidos e apresentado algumas propostas para trabalho futuro.



## 1 PARAPLEGIA: CARACTERÍSTICAS E IMPLICAÇÕES

Define-se paraplegia como uma deficiência caracterizada por perda de sensibilidade e/ou capacidades motoras nos membros inferiores. Em grande parte dos casos, esta condição é causada por um trauma ao nível da medula espinal ou por uma doença congénita denominada *Spina Bífida*, provocando uma malformação da medula. Em qualquer um destes casos, existe uma anormalidade num ponto da medula, causando uma interrupção dos impulsos eléctricos e químicos que transmitem informação entre o cérebro e o resto do corpo. [1]

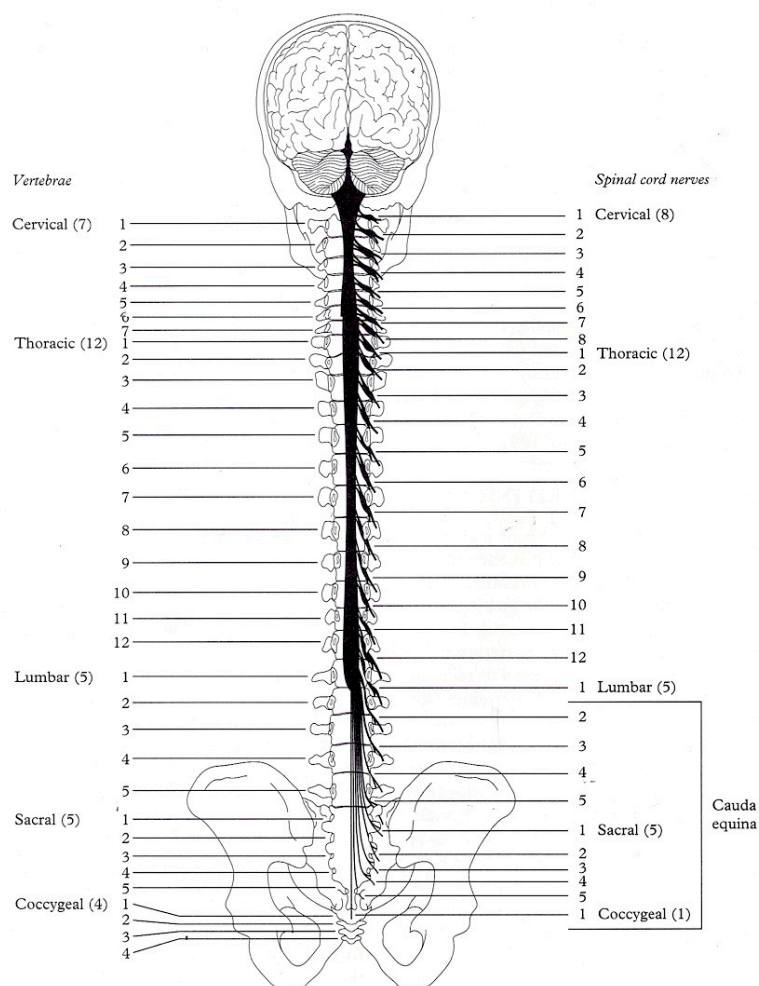


Figura 1.1 – Coluna Vertebral e Medula Espinal [1]

Esta informação entra e sai da medula espinal através de nervos espinais, sendo que cada um destes é responsável pela ligação a conjuntos diferentes de músculos. Assim, uma lesão num determinado ponto da medula espinal determina a perda da ligação com as partes do corpo controladas pelos nervos localizados abaixo do ponto da lesão. Como a posição relativa dos nervos corresponde à posição relativa das partes do corpo que controlam (os nervos responsáveis pelos músculos dos membros superiores localizam-se acima dos nervos responsáveis pelos músculos dos membros inferiores – ver Figura 1.1), quanto mais próxima da extremidade superior da medula espinal for a lesão, mais alargado será o conjunto dos músculos afectados. Assim, como mostra a Figura 1.2, a localização da lesão afecta directamente a perda ou limitação de autonomia em determinadas actividades funcionais. De notar que apenas se pode falar de paraplegia quando a anormalidade da medula espinal se localiza abaixo dos segmentos cervicais, caso contrário está-se perante um caso de tetraplegia, caracterizada pela perda de sensibilidade e/ou capacidades motoras no tronco e em todos os membros. [1]

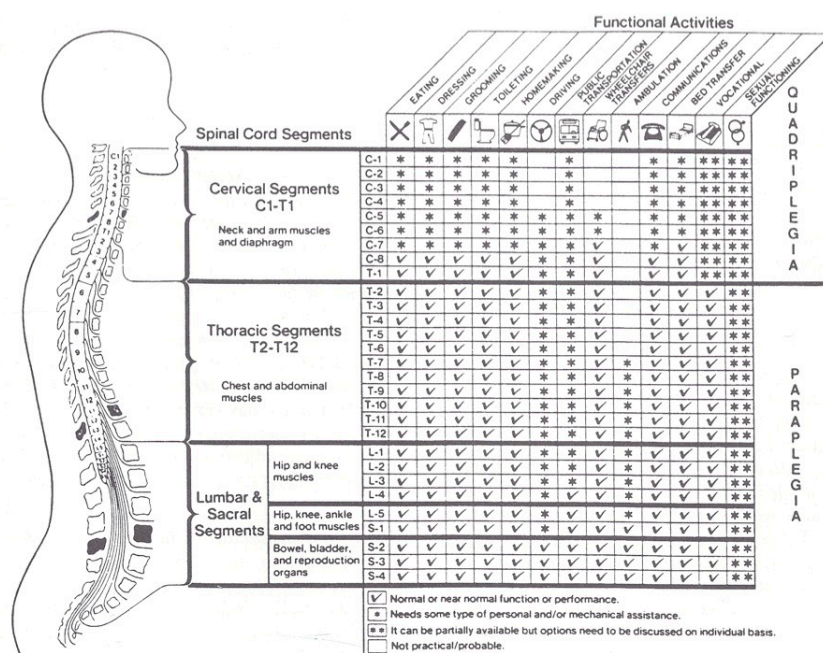


Figura 1.2 – Localização da Lesão e Actividades Funcionais Afectadas [2]

Facilmente se verifica que a capacidade ambulatoria é das actividades funcionais mais afectadas no presente contexto. De facto, a maioria dos indivíduos com uma lesão na medula espinal encontra-se confinado a uma cama ou cadeira e impossibilitado de se deslocar autonomamente (no caso de tetraplegia) ou necessitando de cadeiras de rodas para o fazer (no caso da paraplegia), dependendo destas e da sua eficiência para realizar os seus percursos diários.

As cadeiras de rodas podem ser divididas em duas grandes famílias, conforme o tipo de accionamento que utilizam: manuais (ver Figura 1.3) e eléctricas (ver Figura 1.4). Habitualmente, indivíduos com o tronco e membros superiores completamente funcionais utilizam cadeiras do tipo manual, por serem mais leves e mais versáteis, sendo as cadeiras eléctricas usadas por aqueles que têm também afectada a mobilidade dos seus braços e/ou mãos.



**Figura 1.3 – Cadeira de Rodas Manual [3]**



**Figura 1.4 – Cadeira de Rodas Eléctrica [4]**

No presente contexto, torna-se vital ter em consideração todas as especificidades relacionadas com as questões expostas, nomeadamente necessidades específicas de um indivíduo paraplégico e as características concretas de uma cadeira de rodas, tanto em termos dimensionais como funcionais. De facto, este projecto teve como preocupação central a melhoria das condições de realização dos percursos diários realizados habitualmente com estes dispositivos, tomando como ponto de partida a observação e documentação das limitações inerentes à sua utilização em determinados trajectos, como por exemplo entre a Estação de Comboios e a Universidade de Aveiro.

## 2 ACESSIBILIDADE E BARREIRAS ARQUITECTÓNICAS

A acessibilidade é um direito fundamental de todos os cidadãos, sendo da responsabilidade da sociedade em que estes se integram garantir que existe uma igualdade universal neste aspecto. Assim, deve existir uma promoção alargada do chamado Design Universal, conceito que “estende as vantagens da acessibilidade autónoma a todas as pessoas, independentemente da sua idade, estatura, capacidades, deficiências ou outras características.”[5]

Neste contexto, o Centro para o Design Universal (*Center for Universal Design*) da Universidade da Carolina do Norte (*NC State University*) desenvolveu e publicou os Princípios para o Design Universal [6] (ver Anexo II), que pretendem ser um conjunto de instruções a seguir por engenheiros, designers e arquitectos, entre outros, de modo a que os projectos que realizam possam ser satisfatórios do ponto de vista da acessibilidade e uso por todas as pessoas. Estes princípios são os seguintes:

- 1. Uso Equitativo:** projectar para todos os utilizadores, independentemente das suas características ou limitações físicas, evitando segregar ou estigmatizar qualquer pessoa, garantindo simultaneamente que existem condições iguais (ou equivalentes) de utilização (segurança, privacidade, independência,...) para todos.
- 2. Uso Flexível:** permitir que o objecto, até certo ponto, se adapte ao modo de utilização mais fácil para o utilizador, permitindo que este o use de maneira confortável (por exemplo, uma tesoura que possa ser usada de igual modo por destros e por esquerdinos).
- 3. Uso Simples e Intuitivo:** evitar um nível de complexidade desnecessário, simplificando o desenho e permitindo que o modo correcto de utilização seja intuitivo para o utilizador.



- 4. Informação Perceptível:** a informação necessária deve ser passada de maneira eficaz ao utilizador, permitindo a sua correcta e rápida apreensão. Redundância nos canais de comunicação permite a utilização independente por pessoas com diferentes limitações sensoriais (por exemplo, complementar a informação visual com sinais sonoros, tendo em vista a utilização por surdos).
- 5. Tolerância ao Erro:** permitir margem para erros humanos, limitando consequências irreversíveis dos mesmos e permitindo, quando possível, a sua correcção (por exemplo, uma chave de carro que possa ser inserida na ignição em mais que uma posição, ou a função *Undo* num programa de computador).
- 6. Baixo Esforço Físico:** evitar que o utilizador tenha que aplicar forças demasiado alta ou adquirir posturas desconfortáveis durante a utilização do objecto, desenhando com preocupações ergonómicas. Evitar ainda a necessidade de acções repetitivas.
- 7. Dimensão e Espaço para Aproximação e Uso:** permitir espaço e dimensões apropriadas para uma utilização confortável por todos os utilizadores, independentemente do seu tamanho, postura ou limitações de mobilidade. Este ponto é particularmente importante em relação a utilizadores que se desloquem em cadeira de rodas.

Os conteúdos do ponto 7 merecem destaque particular, sendo este um tema relevante no presente estudo, pois devem ser eliminadas ou minimizadas as barreiras arquitectónicas discriminatórias de indivíduos com mobilidade condicionada, isto é, pessoas em cadeiras de rodas, pessoas incapazes de andar ou de percorrer de maneira expedita e independente grandes distâncias ou ainda aquelas que se apresentam transitoriamente condicionadas (por exemplo, grávidas, idosos ou crianças). De facto, como se demonstrará, existem actualmente diversas dificuldades de circulação urbana para um indivíduo nestas condições, que facilmente poderiam ser evitadas caso se projectasse segundo os princípios já apresentados.

No caso concreto de Portugal, vigora o Decreto-Lei nº 163/2006, de 8 de Agosto, que define um conjunto de condições de acessibilidade a satisfazer no projecto e construção de espaços públicos, vias urbanas, edifícios e equipamentos.

Apresentam-se, nas secções seguintes, alguns dos aspectos abordados por este Decreto-Lei, dando especial relevância àqueles que dizem respeito a indivíduos em cadeira de

rodas e à sua deslocação em percursos urbanos e no interior de edifícios. Como auxiliar na análise deste Decreto-Lei, utilizou-se o livro *Acessibilidade e mobilidade para todos: apontamentos para uma melhor interpretação do DL 163/2006 de 8 de Agosto* [8], que é um compêndio explicativo do mesmo. Analisou-se ainda o vídeo *Accessible Sidewalks: Design Issues for Pedestrians who use Wheelchairs* [7], como complemento ao livro referido, dado que este vídeo revelou ser um auxiliar visual bastante útil, retratando diversas dificuldades comuns para uma pessoa em cadeira de rodas, durante um trajecto urbano.

## 2.1 Acessibilidade na Via Pública

Esta secção é referente à interpretação da legislação que define aspectos relacionados com as vias públicas e condições de acessibilidade que estas devem cumprir.

**Percurso acessível:** as áreas urbanizadas devem ser servidas por uma rede de percursos pedonais acessíveis, que permitam a circulação segura e confortável de pessoas com mobilidade condicionada durante todo o seu trajecto. Nesta rede devem existir, de maneira a satisfazer esta exigência, passeios e caminhos para peões de características apropriadas (dimensões, materiais, etc.), acessos em rampa e passagens de peões desniveladas quando se justifique. Nos casos em que não for possível que toda a rede tenha estas características, deve existir pelo menos um percurso acessível que o faça, para cada um dos pontos de interesse da rede.

**Passeios e caminhos de peões:** os passeios em circuito urbano não devem nunca ser inferiores a 1,5 m, permitindo a circulação confortável de uma pessoa em cadeira de rodas (ver Figura 2.1). Devem ainda estar construídos de maneira a permitir que a cadeira de rodas possa ser manobrada expeditamente e sem o auxílio de terceiros.

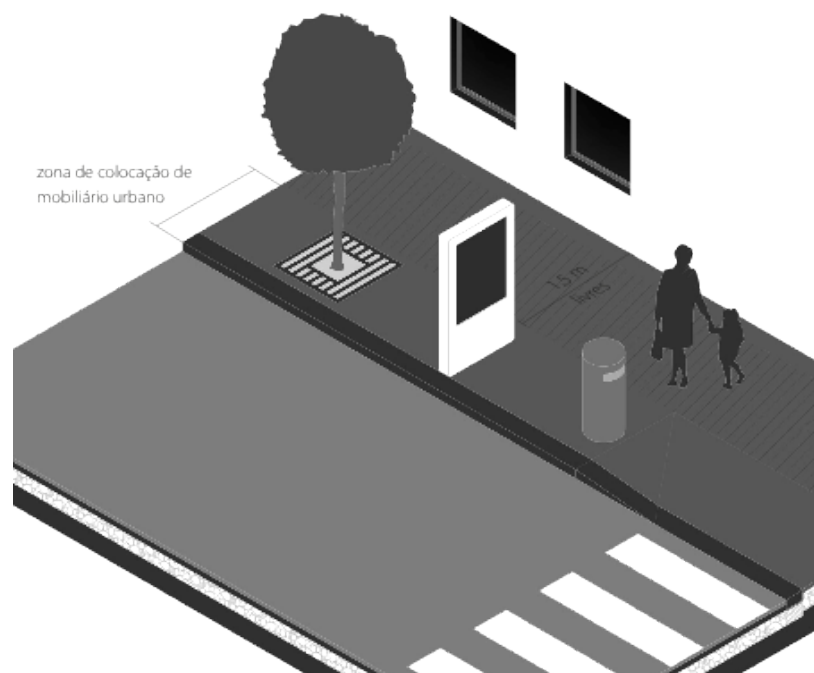


Figura 2.1 – Passeios e Caminhos de Peões [8]

**Rampas na via pública:** as rampas devem ter a menor inclinação possível, permitindo a sua fácil e confortável transposição em cadeira de rodas. Esta inclinação não deve nunca ser superior a 8% (ver Figura 2.2). Nos casos em que o percurso sobre a rampa seja demasiado extenso, devem existir plataformas horizontais de descanso.

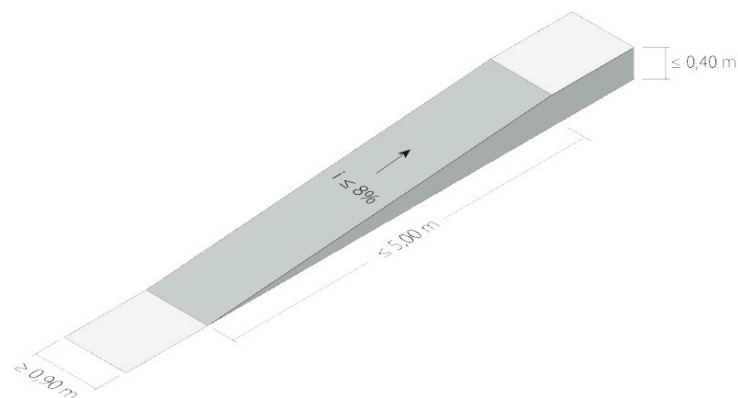


Figura 2.2 – Rampas [8]

**Passagens de peões:** a altura do lancil em toda a largura das passagens de peões nunca deve ultrapassar os 0,02 m de altura e o passeio adjacente deve ser rampeado com uma inclinação inferior a 8%, permitindo a sua fácil transposição em cadeira de rodas. O passeio e a rampa correspondente devem ser projectados de maneira a que os peões que não desejem

atravessar a passagem possam efectuar um percurso perpendicular à mesma sem ter que percorrer a rampa. Se existirem separadores centrais nas rodovias, estes devem ter uma dimensão de pelo menos 1,2 m e uma inclinação não superior a 2% (ver Figura 2.3). No caso das passagens de peões com semáforo e dispositivo de accionamento, o dispositivo deve estar a uma altura compreendida entre 0,8 m e 1,2 m.

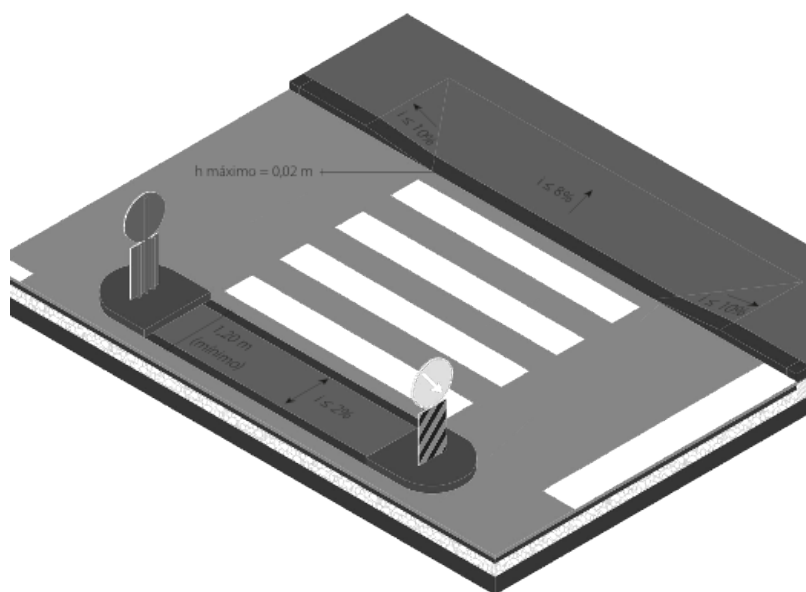


Figura 2.3 – Passagens de Peões [8]

**Pisos e seus revestimentos:** os pisos e seus revestimentos devem ser projectados e escolhidos de maneira a cumprirem as seguintes características:

- 1. Estabilidade:** não se deslocam quando sujeitos às acções mecânicas decorrentes do uso normal.
- 2. Durabilidade:** não se desgastam pela acção da chuva ou de lavagens frequentes.
- 3. Firmeza:** não se deformam quando sujeitos às acções mecânicas decorrentes do uso normal;
- 4. Continuidade:** não possuem juntas de profundidade superior a 0,005 m.

Os pisos devem ainda garantir boa aderência, mesmo na presença de humidade ou água, ter boa qualidade de drenagem superficial e de secagem e ter uma inclinação compreendida entre 0,5% e 2% no sentido de escoamento das águas. Devem ser evitadas mudanças de nível abruptas e se existirem grelhas, buracos ou frestas no piso (por exemplo, juntas de dilatação ou aberturas de escoamento de água), estas não devem permitir a passagem de uma esfera rígida com um diâmetro superior a 0,02m e se os espaços em questão forem alongados, devem estar dispostos de modo a que a sua dimensão mais longa seja perpendicular à direcção dominante de circulação de peões (ver Figura 2.4). De notar que, exceptuando as rampas, os pisos devem ser o mais nivelados possível, especialmente na direcção perpendicular ao percurso, salvaguardando sempre as condições já descritas.

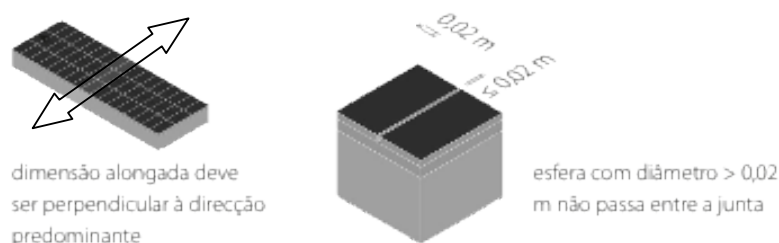


Figura 2.4 – Grelhas e Juntas no Piso [8]

## 2.2 Acessibilidade de Edifícios e Estabelecimentos em Geral

Esta secção é referente à interpretação da legislação que define aspectos relacionados com edifícios e estabelecimentos e condições apropriadas para acesso e circulação no seu interior.

**Percurso acessível:** deve garantir-se que existem espaços e percursos acessíveis por pessoas com mobilidade condicionada no interior dos edifícios, permitindo que estes usufruam de todas as funções do espaço. Por exemplo, num restaurante com diferentes zonas de funções equivalentes, pelo menos uma delas deve ter um percurso acessível ou, numa loja de roupa, num conjunto de cabines de prova, pelo menos uma delas ser acessível.

**Entradas, átrios e corredores:** as entradas e os átrios interiores e exteriores de edifícios devem ter uma zona com dimensões que permitam realizar, em cadeira de rodas, uma manobra de rotação de 360°. Os corredores e galerias devem possuir uma largura não inferior a 1,2 m (ver Figura 2.5).

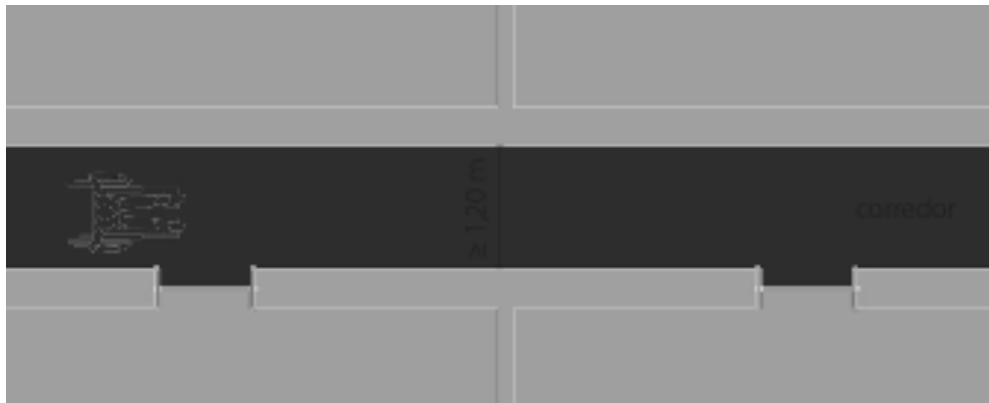


Figura 2.5 – Corredores e Galerias [8]

**Portas:** as portas devem ter uma altura não inferior a 2 m e uma largura não inferior a 0,77 m (ver Figura 2.6). Os puxadores, fechaduras, trincos e outros dispositivos de operação das portas devem poder ser facilmente accionados, sem ser necessário aplicar uma força superior a 22 N ou uma preensão muito firme. A porta em si deve oferecer a menor resistência possível. Ressalte-se que geralmente as portas deslizantes ou de movimento automático permitem condições de melhor acessibilidade.

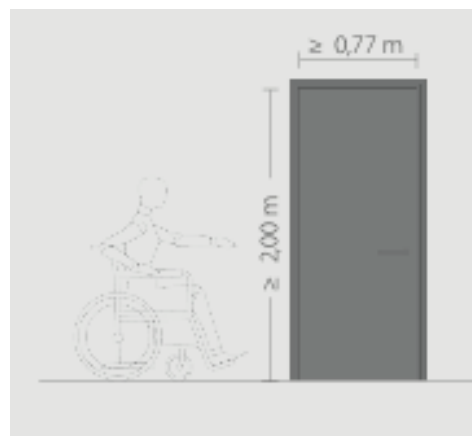


Figura 2.6 – Portas [8]

**Rampas de acesso e no interior:** aplicam-se as mesmas regras que para as rampas na via pública.

**Ascensores:** os ascensores e os patamares diante das suas portas devem ter dimensões que permitam inscrever zonas de manobra de rotação de 360°, em cadeira de

rodas, e devem estar desobstruídos de degraus ou outros obstáculos que possam dificultar a circulação destes dispositivos. As portas devem ser de correr horizontalmente, ter movimento automático e possuir uma largura não inferior a 0,8 m. Todos os dispositivos de comando devem estar a uma altura compreendida entre 0,9 m e 1,2 m.

**Plataformas elevatórias:** ao contrário dos ascensores, as plataformas elevatórias são dispositivos de uso praticamente exclusivo por pessoas em cadeira de rodas, não devendo nunca ter dimensões inferiores a 0,75 m por 1 m. Em muitos casos encontram-se instaladas sobre escadas, situações estas em que devem ser rebatíveis. Todos os lados da plataforma, com excepção daqueles por onde se dá o acesso, devem possuir anteparos com uma altura não inferior a 0,1 m. Quando o desnível entre pisos for superior a 0,75 m devem existir ainda barras ou portas de protecção. Todas as plataformas e respectivos dispositivos de comando devem estar instalados de modo a que possam ser utilizados por uma pessoa em cadeira de rodas sem a assistência de terceiros (ver Figura 2.7).

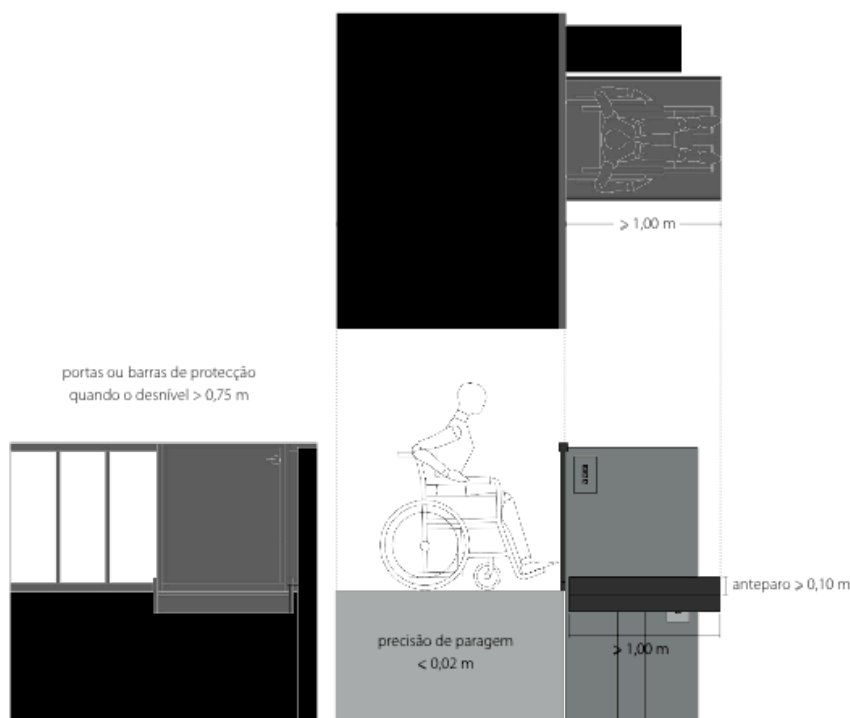


Figura 2.7 – Plataformas Elevatórias [8]

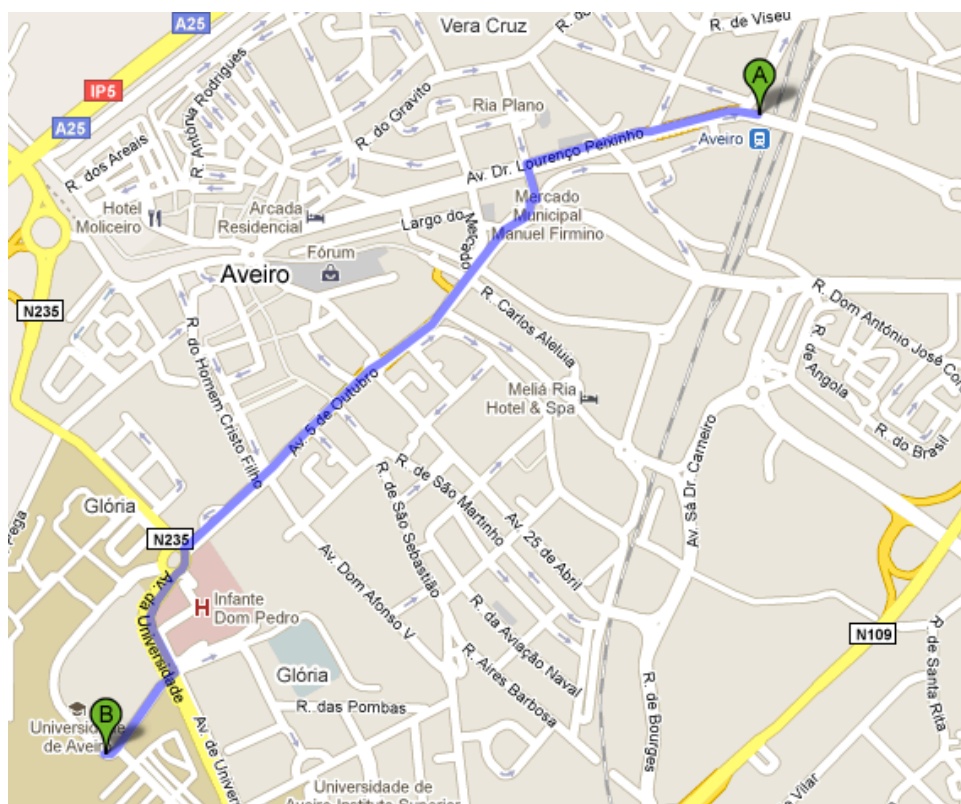
**Balcões, guichês de auto-atendimento e outros equipamentos semelhantes:**

nos locais em que existam estes equipamentos, pelo menos um deles (em cada conjunto) deve estar localizado junto de um percurso acessível e ser dimensionado de maneira a permitir a sua utilização de forma autónoma, por uma pessoa em cadeira de rodas.

**Pisos e seus revestimentos:** aplicam-se as mesmas regras que para os pisos e revestimentos na via pública.

## 2.3 Caso de Estudo

Para melhor estudar as dificuldades reais de locomoção urbana para uma pessoa em cadeira de rodas, analisou-se o percurso entre a Estação de Comboios de Aveiro e a Universidade (considerando como referência o edifício da Reitoria). Com a ajuda de um estudante da Universidade, paraplégico, foi feito um levantamento dos principais obstáculos à locomoção eficiente em cadeira de rodas neste trajecto. Esta secção documenta as condições de acessibilidade do percurso, apresentando obstáculos e casos positivos encontrados.



**Figura 2.8 – Trajecto entre a Estação de Comboios e a UA [9]**



O estudante em questão, acompanhado ao longo deste percurso, era um jovem fisicamente activo de 22 anos, paraplégico desde os 13 anos, altura em que sofreu uma lesão ao nível das vértebras D6 e D8, causada por um acidente de viação. Com esta lesão perdeu a capacidade ambulatoria, deslocando-se actualmente numa cadeira de rodas manual.

A Figura 2.8 mostra o trajecto realizado, cuja distância foi de aproximadamente, 2,2 km entre os pontos A e B. Foi escolhido este trajecto entre os dois pontos por ser aquele que apresenta uma distância mais curta, tendo ainda a vantagem de ser, quase na sua totalidade, acompanhado por uma ciclovia, permitindo comparar os tempos percorridos em cadeira de rodas, em caminhada e de bicicleta. A apresenta os tempos registados para a realização do percurso e a sua análise permite-nos verificar que o tempo em cadeira de rodas é praticamente o dobro do tempo em caminhada e mais do triplo do tempo que se demora de bicicleta.

**Tabela 2.1 – Tempos do Percurso utilizando Diferentes Meios de Locomoção**

Meio de Locomoção	Tempo (hh:mm:ss)
Cadeira de Rodas	00:44:29
Caminhada	00:23:09
Bicicleta	00:12:31

### **2.3.1 Estudo de Acessibilidade na Estação de Comboios de Aveiro**

Em geral, verificou-se que a Estação está bem adaptada para pessoas com mobilidade condicionada. Existem elevadores que levam a cada uma das plataformas (ver Figura 2.9), dimensionados de maneira a permitir manobrar confortavelmente uma cadeira de rodas. Os acessos são feitos através de rampas, tanto interiores como exteriores (ver Figura 2.10 e Figura 2.11). A maioria dos comboios também apresenta boas condições de acessibilidade, especialmente os mais modernos (utilização de rampas retrácteis), permitindo que a entrada e saída sejam feitas de maneira autónoma.



**Figura 2.9 – Estação da CP: Elevador**



**Figura 2.10 – Estação da CP: Rampa Exterior**



**Figura 2.11 – Estação da CP: Rampa Interior**

### **2.3.2 Estudo da Acessibilidade entre a Estação e a Universidade**

No percurso entre a Estação de Comboios e a Universidade, o utilizador de cadeira de rodas acompanhado deparou-se com diversas barreiras arquitectónicas, que o obrigaram a esforços físicos superiores ao que seria desejável ou, nos casos mais críticos, a pedir a assistência de terceiros ou a fazer desvios no seu trajecto. De realçar ainda que, no caso deste estudante, trata-se de uma pessoa jovem, com actividade física regular, capaz de realizar esforços bastante superiores ao de uma pessoa mais velha e/ou mais fraca ou debilitada. Foram documentados exemplos destas barreiras, que se passam a descrever de seguida.



**Figura 2.12 – Passeio Largo e Nivelado**

Nalgumas partes do percurso (ver Figura 2.12), os passeios eram largos e nivelados, permitindo a fácil circulação de cadeira de rodas. No entanto, foram encontrados pontos no percurso onde os passeios são estreitos o suficiente para que a passagem tenha que ser feita lentamente e com cuidado, interrompendo a fluidez de circulação. Encontraram-se casos (ver exemplos nas Figura 2.13 e Figura 2.14) em que a largura do passeio era inferior aos 1,5 m determinados pela legislação.



**Figura 2.13 – Troço de Passeio com Largura de 0,68 m**



**Figura 2.14 – Troço de Passeio com Largura de 0,57 m**



Alguns passeios apresentavam inclinações acentuadas (ver Figura 2.15 e Figura 2.16), fazendo com que o esforço para os percorrer, a subir, seja consideravelmente maior que num passeio nivelado. De facto, verificou-se que nos passeios em que a inclinação era maior e se prolongava durante uma maior distância, o estudante acompanhado neste trajecto necessitou de realizar uma pausa para descanso quando alcançou um piso nivelado.



**Figura 2.15 – Passeio com Inclinação Acentuada (1)**



**Figura 2.16 – Passeio com Inclinação Acentuada (2)**



Figura 2.17 – Passeio com Inclinação Acentuada (3)



Figura 2.18 – Passeio com Inclinação Acentuada (4)





**Figura 2.19 – Passeio com Inclinação Acentuada (5)**

Em relação às passagens de peões, a maioria tinha acesso por rampa com inclinação apropriada, ainda que nalguns casos pudessem estar melhor projectadas. Por exemplo, a passagem assinalada na Figura 2.19, e ainda na continuação do que já foi referido, poderia ter sido construída numa zona mais nivelada, dado que se verificou que na proximidade desta existia um local que o permitia. Noutros casos (ver Figura 2.20 e Figura 2.21) o passeio junto à rampa não era largo o suficiente para permitir a sua transposição confortável na direcção perpendicular à da rampa, resultando assim que a rampa, projectada para ser um auxiliar numa direcção, representa um obstáculo noutra.



**Figura 2.20 – Passagem de Peões em Passeio Inclinado (1)**



**Figura 2.21 – Passagem de Peões em Passeio Inclinado (2)**

Existem ainda casos mais graves, em que as condições de circulação não são asseguradas ou são realizadas de modo deficiente ou incompleto, comprometendo a utilização por pessoas em cadeira de rodas. A Figura 2.22 mostra uma rampa de acesso que tem um desnível superior ao estipulado, fazendo com que para a sua transposição no sentido de subida, seja necessário inclinar a cadeira, para trás, de modo a levantar as rodas da frente, mais pequenas. Esta operação, feita de modo autónomo, requer algum esforço, e nem todos a conseguem executar.

A Figura 2.23 apresenta outra situação, com uma passagem apenas parcialmente acessível, não estando rebaixada a placa central de separação das vias, tornando-se deste modo impossível de transpor em cadeira de rodas. Esta situação é particularmente grave, podendo gerar situações de elevado risco e potencial perigo de vida, caso apenas a meio da travessia a pessoa repare na altura do desnível da placa central, sendo obrigada a voltar para trás.





**Figura 2.22 – Rampa com Desnível Excessivo**



**Figura 2.23 – Passagem de Peões Inacessível**

A Figura 2.24 mostra uma rampa de acesso a uma farmácia próxima da Estação que, apesar de não estar directamente inscrita no trajecto efectuado, revelou particular interesse para justificar a sua documentação neste trabalho. De facto, a rampa em questão apresenta uma inclinação de 85%, quando o máximo estipulado é de 8%, tornando-se assim impossível de ser utilizada. Neste caso, para além de permanecer a inviabilidade de acesso ao interior da farmácia, comportaram-se custos inutilmente.



**Figura 2.24 – Rampa de Acesso a Farmácia**

Outro factor importante no percurso é o tipo de piso: a cadeira de rodas comporta-se de maneira diferente conforme o piso em que se desloca. As principais diferenças são a velocidade que é possível atingir confortavelmente e com segurança e o nível de vibrações provocado. Pisos mais rugosos e irregulares (por exemplo, os que são feitos com calçada portuguesa – ver Figura 2.20 e Figura 2.21) obrigam a velocidades mais baixas e provocam vibrações que, para além de desconfortáveis, tendem a provocar a queda dos pés da pessoa, para fora do seu suporte na cadeira de rodas. O estudante que efectuou este percurso teve que, por diversas vezes, fazer paragens para reposicionar os pés. A Figura 2.26 e a Figura 2.27 mostram pisos que apresentam melhores condições e a Figura 2.25, um piso intermédio, de condições ligeiramente piores que estes últimos.



**Figura 2.25 – Piso com Calçada Hexagonal**



**Figura 2.26 – Piso com Placas Rugosas**



**Figura 2.27 – Piso com Placas Lisas**

Em diferentes pontos do percurso encontraram-se situações que, devido à falta de manutenção, apresentavam condições de risco ou desconforto à circulação em cadeira de rodas. Podem ver-se alguns destes casos entre a Figura 2.28 e a Figura 2.33 com piso irregular ou buracos de dimensões que permitem prender as rodas da frente das cadeiras, mais pequenas e impedir a normal circulação na via.



**Figura 2.28 – Passagem de Peões com Buraco**





**Figura 2.29 – Passagem de Peões Degradada**



**Figura 2.30 – Zona de Passeio com Buracos**



**Figura 2.31 – Zona de Passeio com Buracos e Areia**



**Figura 2.32 – Depressão no Passeio**



**Figura 2.33 – Calçada levantada por Raízes de Árvore**



**Figura 2.34 – Obras no Passeio**

A Figura 2.34 documenta um cenário de obras que, apesar de temporário, foi bastante difícil de ultrapassar, sendo necessário utilizar toda a largura de passeio livre e um enorme cuidado para evitar a queda para cima da viatura que se encontrava estacionada ao lado da zona em obras.



**Figura 2.35 – Passagem de Peões em mau estado (1)**

Entre a Figura 2.35 e a Figura 2.37 documenta-se aquele que foi, sem dúvida, um dos piores obstáculos do percurso, no qual se conjugam diferentes factores de dificuldade, gerando um cenário impossível de transpor de forma autónoma. A calçada da travessia era de um dos piores tipos, estando, para além disso, em bastante mau estado. Existia um desnível considerável entre a estrada e o passeio, que tinha uma largura bastante reduzida, dificultando a própria manobra de subida. De facto, afigurou-se mais fácil e, de certo modo, até mais seguro, continuar o percurso pela estrada e realizar a subida noutro ponto, mais favorável.



**Figura 2.36 – Passagem de Peões em mau estado (2)**





**Figura 2.37 – Passagem de Peões em mau estado (3)**

### **2.3.3 Estudo da Acessibilidade na Universidade de Aveiro**

Em geral, a Universidade de Aveiro (UA) e os seus edifícios apresentam boas condições de acessibilidade. Os próprios pisos apresentam melhores condições de circulação que aqueles que se encontram no circuito apresentado na secção anterior. Existem diversas rampas bem projectadas, conforme mostram os exemplos da Figura 2.38 e Figura 2.39.



**Figura 2.38 – Rampa de Acesso na UA, junto à Reitoria**



**Figura 2.39 – Rampa de Acesso na UA, junto à Biblioteca**

Existem, contudo, algumas situações pontuais de fraca acessibilidade ou mau planeamento. Por exemplo, a Figura 2.40 mostra a entrada do Departamento de Engenharia Mecânica (DEM), que tem uma porta alta e pesada, tornando-se necessário puxar e despendar alguma força para a abrir. Para além disso, o leitor do cartão de acesso (na imagem, um dispositivo preto com um círculo verde, fixo na parede) encontra-se atrás da porta quando esta está aberta, dificultando deste modo, a realização de forma autónoma do processo de autenticação do cartão e abertura da porta de entrada do DEM.



**Figura 2.40 – Entrada do Departamento de Engenharia Mecânica**

A Figura 2.41 mostra a entrada do Departamento de Engenharia Civil, também com um leitor de cartão de acesso na parede exterior. No entanto, este leitor está posicionado acima de



um fosso e a uma altura tal que impossibilita completamente que uma pessoa em cadeira de rodas o consiga alcançar.



**Figura 2.41 – Entrada do Departamento de Engenharia Civil**



**Figura 2.42 – Grades de Escoamento**

A Figura 2.42 e Figura 2.43 mostram uma grade de escoamento que se encontra no início de uma rampa de acesso. As aberturas destas grades apresentam um espaçamento

superior ao estipulado, significando isto que tem largura suficiente para prender as rodas de uma cadeira, podendo daí resultar acidentes para o seu utilizador.



**Figura 2.43 – Rampa e Grades de Escoamento**

Na Figura 2.44 vê-se uma vista aérea da zona da Universidade junto à Biblioteca. As setas a verde representam o percurso efectuado por uma pessoa com mobilidade total, em caminhada, quando se pretende aceder do piso superior (nível do solo) ao piso inferior, onde se encontram diversos espaços relevantes como a papelaria, centro de cópias, posto de correios, etc. As setas a cor-de-laranja assinalam o percurso a efectuar por uma pessoa em cadeira de rodas para aceder ao mesmo espaço e respectivos serviços. Note-se que, na imagem, uma parte do percurso é sobre areia, apesar de, actualmente, já existir nesse local um caminho pavimentado com lajes. Facilmente se conclui que em cadeira de rodas o percurso é mais extenso e mais demorado, o que poderia ter sido evitado ao projectar toda esta zona com maiores cuidados em relação à sua acessibilidade.



Figura 2.44 – Comparação de Percursos

### 3 ANÁLISE DA CONCORRÊNCIA

Apesar de, em Portugal, escassearem dispositivos que pretendam resolver as dificuldades de mobilidade urbana de pessoas em cadeira de rodas, a nível internacional existem, disponíveis no mercado, diversas propostas para solucionar esta questão. Este capítulo apresenta alguns destes dispositivos, fazendo uma análise crítica do seu funcionamento e descrevendo as suas principais vantagens e falhas. As conclusões desta análise foram posteriormente utilizadas vantajosamente durante o processo de desenvolvimento conceptual da bicicleta adaptada.

Dos dispositivos aqui expostos, alguns são considerados, pela sua estrutura e modo de funcionamento, como bicicletas adaptadas ou adaptações para cadeiras de rodas que permitam que estas se tornem numa “solução ciclável”. Outros representam novos conceitos de melhoria de mobilidade em relação às cadeiras de rodas comuns e, apesar de não ser correcto considerá-los bicicletas adaptadas, afigurou-se relevante incluir a sua análise no presente estudo.

#### 3.1 BerkelBike Pro

Este triciclo com 8 mudanças (ver Figura 3.1) é fabricado pela empresa *BerkelBike* [10] e tem como público-alvo não só indivíduos paraplégicos, mas também outras pessoas com problemas de mobilidade nos membros inferiores. É apropriado para utilização actividades exteriores desportivas ou de lazer, sendo um dispositivo principalmente vocacionado para o exercício: o deslocamento realiza-se através do accionamento manual de punhos, estando as pernas do utilizador fixas de maneira a movimentarem-se sincronizadamente com os punhos. Permite ainda o uso de um sistema de impulsos eléctricos (opcional) que, através de eléctrodos, estimula os músculos das zonas paralisadas. De facto, A preocupação central é com questões relacionadas com a saúde do utilizador (melhoria da circulação sanguínea, prevenção de excesso de peso causado pela falta de mobilidade, estimulação muscular...).

Por não haver sistema de integração da cadeira de rodas, é necessário efectuar a transferência do utilizador para a *BerkelBike* antes de iniciar a utilização.

De notar que, tal como na maioria dos dispositivos analisados, os eixos dos punhos esquerdo e direito coincidem, ao contrário do que acontece normalmente com os pedais numa bicicleta comum, em que estes se encontram desalinhados. Esta configuração dos punhos permite que os ombros e os músculos dorsais contribuam para o movimento efectuado pelos braços.



Figura 3.1 – BerkelBike Pro [10]

### 3.2 BerkelBike Classic

Tal como a *BerkelBike Pro*, este dispositivo (ver Figura 3.2) é fabricado pela empresa *BerkelBike*, tendo por isso funções e um modo de funcionamento semelhantes: o principal objectivo é terapêutico, como bicicleta estática para exercício, existindo o mesmo sistema de impulsos eléctricos para estímulo muscular, podendo, apesar disso, ser utilizada para actividades exteriores (passeios de lazer, por exemplo).



Figura 3.2 – Cadeira de Rodas (esq.) e BerkelBike Classic (dir.) [10]



A grande diferença reside no facto do modelo *Classic* ser uma adaptação que pode ser acoplada numa cadeira de rodas comum. Elimina-se deste modo a desvantagem do modelo *Pro*, evitando a necessidade de transferir o utilizador da sua cadeira de rodas, mas diminuindo, simultaneamente, a eficiência do dispositivo, que no primeiro modelo se encontrava melhor preparado para circulação urbana. Também o aspecto da versão *Classic* é menos atraente, por ser uma combinação entre uma cadeira de rodas e um sistema de adaptação, enquanto que o modelo *Pro* tinha um aspecto mais próximo do de uma bicicleta comum.

### 3.3 Speedy-Elight

Este dispositivo motorizado (ver Figura 3.3), fabricado pela empresa alemã *Speedy*[11], é uma outra adaptação aplicável a uma cadeira de rodas comum. Activada por um motor de 250 W e equipado com baterias recarregáveis permitindo uma autonomia de 16 km, tem um objectivo principalmente recreativo, ao contrário do dois modelos anteriormente analisados.



Figura 3.3 – Speedy-ELight [11]

Apesar de ter a vantagem de não precisar de transferência do utilizador previamente à utilização, o peso acrescido do motor e das baterias e a autonomia limitada podem representar obstáculos a uma utilização diária eficiente.

### 3.4 Rainbow EH da Skywheel

Este triciclo (ver Figura 3.4) de accionamento manual da empresa *Skywheel*[12] não foi concebido especificamente para pessoas com mobilidade limitada, podendo, no entanto, ser

utilizada por pessoas nestas condições. O seu aspecto e modo de funcionamento são muito semelhantes aos de um bicicleta comum, tendo a particularidade do direccionamento ser controlado através da inclinação do tronco.

As principais desvantagens deste dispositivo, em contexto de utilização por um paraplégico, prendem-se com o facto de não existir integração da cadeira de rodas e dos punhos não estarem optimizados para esta situação, encontrando-se os eixos do punho direito e esquerdo desalinhados, de maneira análoga a como se posicionam uns pedais comuns.



Figura 3.4 – Rainbow EH [12]

### 3.5 One-Off Handcycle

A empresa *One-Off Titanium Inc.* [13] fabrica uma bicicleta de montanha, BTT, para utilização por paraplégicos e optimizada para terrenos muito irregulares (ver Figura 3.5). O utilizador fica deitado de barriga para baixo, com as pernas fixas, accionando a bicicleta manualmente, sendo a roda motriz a traseira.



Figura 3.5 – One-Off Handcycle [13]

As duas rodas dianteiras permitem o direccionamento através de punhos diferentes dos de accionamento ou através de um encosto almofadado encostado ao tronco. Estes mesmos punhos permitem accionar os travões das rodas dianteiras. De notar que o utilizador fica numa posição pouco vulgar, em posição de cócoras e com as pernas fixas.

Apesar de parecer permitir um uso bastante eficiente no contexto para o qual foi desenvolvido, este dispositivo poderá ser pouco prático em percursos urbanos e aparentemente requer um tempo de aprendizagem considerável para usar correctamente. Tem ainda a desvantagem de se precisar de realizar a transferência do utilizador.

### 3.6 FreeWheel

Desenvolvida por um engenheiro americano [14], esta adaptação a cadeiras de rodas comuns (ver Figura 3.6) tem como principal objectivo aumentar a mobilidade da cadeira, permitindo que esta circule de maneira mais eficiente num conjunto mais diversificado de superfícies. Tal é conseguido através da integração de uma roda dianteira, mais robusta e maior que as rodas dianteiras comuns.





Figura 3.6 – FreeWheel [14]

A *FreeWheel* é desdobrável e pode ser facilmente guardada nas costas da cadeira, permitindo que o utilizador a monte e desmonte autonomamente. De notar que, apesar de otimizar a utilização da cadeira em diferentes tipos de solo, não existe nenhum sistema de transmissão neste dispositivo.

### 3.7 Mountain Trike

A *Mountain Trike* (ver Figura 3.7) é uma cadeira de rodas desenvolvida por um estudante de engenharia no Reino Unido [15], tendo como objectivo permitir a circulação de paraplégicos em circuitos de montanha.



Figura 3.7 – Mountain Trike [15]

Esta cadeira tem, ao todo, 5 rodas: 2 principais, maiores, e 3 mais pequenas, secundárias, sendo accionada/direccionada por duas alavancas laterais (uma para cada roda principal). Tendo em conta o contexto para o qual foi projectada, está concebida de maneira a que seja muito difícil de desequilibrar. Apesar do sistema de alavancas ser uma boa solução para permitir o uso em pisos irregulares, torna o uso desta cadeira pouco prático em circuitos urbanos, especialmente se for necessário percorrer uma distância considerável.



## 4 DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE OPORTUNIDADE

É essencial, num projecto desta natureza, estudar e analisar com algum cuidado a problemática da utilização de cadeira de rodas em percursos de média e longa distância e definir uma oportunidade de intervenção clara. Assim, esta fase do projecto dividiu-se em duas tarefas principais, sendo a primeira o levantamento de necessidades junto do público-alvo, através da recolha de informação pertinente para o desenvolvimento do produto e sua colocação no mercado, realizando-se nesse sentido algumas entrevistas a indivíduos paraplégicos. A segunda tarefa deu início a todo o processo de desenvolvimento de um novo produto, após o levantamento das necessidades dos utilizadores. Assim, esta etapa consistiu na transformação dos requisitos exigidos pelos potenciais clientes em especificações apresentadas pelo produto a desenvolver, através do recurso a ferramentas de apoio ao processo de desenvolvimento, como a Matriz de Qualidade e a Matriz de Produto, permitindo assim sistematizar a análise e interpretação da informação obtida nas entrevistas e seleccionar entre diversas soluções para a bicicleta adaptada.

A construção da Matriz de Qualidade e de Produto resultam da metodologia de *Quality Function Deployment*, sistematizando todo o processo de desenvolvimento de produto. Partindo do que é descrito pelo público-alvo como os seus desejos e necessidades, segue-se um conjunto de etapas de análise que os permitem traduzir em características concretas do dispositivo. Esta abordagem inclui ainda, como se verá, outros factores, tais como Análise Competitiva (resultante da análise das ofertas da concorrências) ou Dificuldade da Actuação que reflecte a dificuldade em actuar sobre uma determinada especificação ou parâmetro.

O cumprimento das tarefas descritas cria condições para fazer uma reflexão sobre a oportunidade de intervenção no mercado e de que modo é que uma proposta de um novo produto poderá vir a ser implementada com sucesso e em que contexto. De facto, sabe-se à partida que poderá haver diferentes modelos de implementação da bicicleta, nunca rompendo com o objectivo de responder à problemática exposta até este ponto, permitindo que uma pessoa paraplégica possa realizar percursos urbanos de curtas e médias distâncias com a mesma rapidez e facilidade com que uma pessoa com mobilidade total os realiza, quando utiliza uma bicicleta comum. A bicicleta poderá adequar-se a um uso privado, no sentido em que cada utilizador poderia adquirir uma unidade e utilizá-la nos seus percursos diários, guardando-a em

sua casa quando não estivesse a ser utilizada, ou implementando-a num sistema público, colocando várias unidades à disposição, para requisição ou aluguer, permitindo que o utilizador ocasional não tenha que adquirir uma para poder beneficiar da sua utilização. Este sistema adquire particular importância tendo em conta o caso de estudo analisado anteriormente (percurso entre a Estação de Comboios e a Universidade de Aveiro), considerando que a grande maioria das pessoas que efectua este percurso chega a Aveiro de comboio. Assim, poderia existir um posto de aluguer na Estação, onde se poderia alugar uma unidade para efectuar o percurso até à Universidade (existem vias cicláveis ao longo de todo o trajecto), devolvendo-a num segundo posto instalado na Universidade. Facilmente se poderia alargar este sistema ao resto da cidade, instalando postos de aluguer em sítios estratégicos. Este sistema de aluguer poderia ser rentabilizado através da aplicação de publicidade nos veículos, questão que será posteriormente aprofundada. A combinação das duas propostas daria origem a um modelo semelhante ao que existe actualmente com as bicicletas comuns, em que é possível cada um adquirir a sua própria bicicleta, existindo no mercado uma vasta gama de soluções e modelos de diferentes fabricantes, mas em que, por outro lado, quem pretender fazer uma utilização mais pontual e temporária poderá recorrer ao aluguer em locais próprios particulares ou públicos, como acontece com o projecto *BUGA – Bicicleta de Utilização Gratuita de Aveiro*.

#### 4.1 Metodologia das Entrevistas

As entrevistas foram realizadas presencialmente e gravadas de modo a permitir uma posterior análise detalhada. Para esta tarefa utilizou-se um conjunto de tópicos/perguntas elaborado previamente (ver Anexo II) e que serviu de guia de conversação durante as entrevistas. Esta metodologia garantiu que eram abordados todos os pontos relevantes sem, no entanto, condicionar excessivamente os entrevistados, cuja experiência como paraplégicos podia fornecer informação útil em relação a temas não previstos pelo guia de conversação.

As perguntas elaboradas tinham como principal objectivo obter perspectivas e ideias sobre de que modo é que as especificidades do dispositivo proposto podiam contribuir para melhorar a qualidade de vida de um paraplégico. Deste modo, para além de uma parte inicial em que era apresentado o projecto e os objectivos principais do mesmo, as entrevistas continham mais três partes: na primeira era recolhida informação sobre o indivíduo, o seu dia-a-dia (especialmente quanto às características dos trajectos que tem que realizar) e dificuldades quotidianas inerentes à redução de mobilidade; na segunda era recolhida informação sobre experiências prévias do entrevistado com bicicletas adaptadas e também preferências e ideias em relação ao funcionamento destes dispositivos; na terceira e última parte, os tópicos a abordar estavam relacionados com custos: tanto dos dispositivos auxiliares que usavam

actualmente, como de bicicletas adaptadas. Foram entrevistadas quatro pessoas: três cuja paraplegia resultou de acidentes de viação e uma com *Spina Bífida*. Todos sofriam desta condição há pelo menos oito anos e o perfil de cada um pode ser consultado na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1 – Perfil dos Entrevistados**

	Idade	Sexo	Profissão	Origem da Paraplegia
Entrevistado A	46	M	Engenheiro Informático	Acidente de Viação
Entrevistado B	24	M	Estudante de Marketing	Acidente de Viação
Entrevistado C	22	M	Estudante de Administração Pública	Acidente de Viação
Entrevistado D	21	F	Estudante de Bioquímica	Spina Bífida

## 4.2 Análise das Entrevistas

A análise das entrevistas permitiu chegar a um conjunto de aspectos que são valorizados pelos entrevistados e que foram tomados como ponto de partida para, posteriormente, construir a Matriz de Qualidade.

Os aspectos em questão são os seguintes:

- **Autonomia do Utilizador:** a bicicleta deve permitir que o seu utilizador consiga realizar as suas rotinas diárias autonomamente, mas as suas características também devem transmitir essa ideia a outras pessoas, não criando uma noção de “mecanização” do indivíduo.

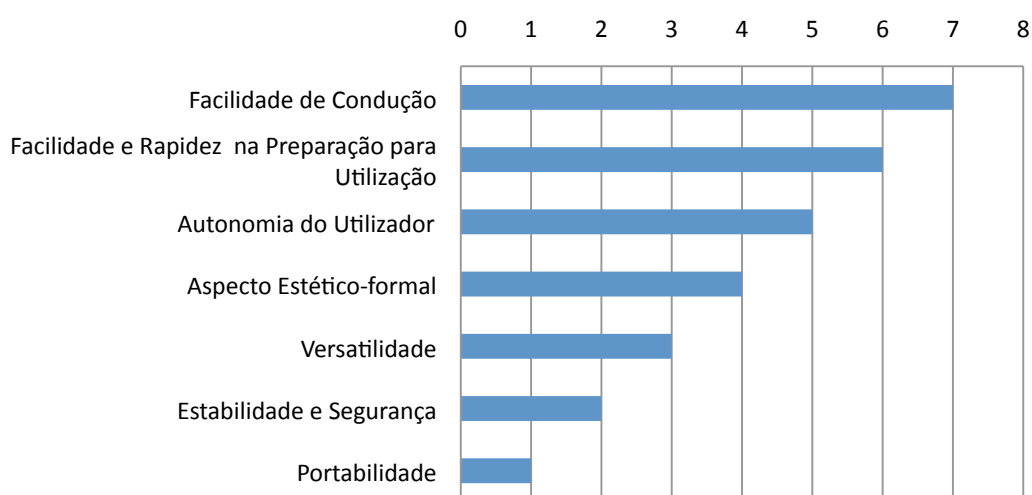
- **Aspecto Estético-formal:** relacionado com o conjunto das propriedades estético-formais da bicicleta, como a geometria, cor e textura, que devem ser atractivas e agradáveis.
- **Estabilidade e Segurança:** a bicicleta deve ser estável e garantir a segurança do utilizador, contemplando as especificidades relacionadas com a mobilidade reduzida (e, consequentemente, maior vulnerabilidade) do seu utilizador.
- **Facilidade de Condução:** a bicicleta deve ser fácil de conduzir, permitindo que o tempo de aprendizagem da sua condução seja curto.
- **Facilidade e Rapidez na Preparação para Utilização:** as tarefas relacionadas com a preparação para a utilização, como a acomodação do utilizador ou montagem da bicicleta, devem poder ser realizadas facilmente e sem ajuda de outras pessoas, em tempo útil.
- **Portabilidade:** quando não está a ser utilizada, a bicicleta deve poder ser facilmente transportável.
- **Versatilidade:** a bicicleta deve poder ser utilizada em diferentes tipos de ambiente, sem prejuízo para o seu desempenho.

Conforme descrito na Tabela 4.2, a cada um dos aspectos desta lista foi atribuída uma classificação quantitativa representativa da importância relativa que lhes é dada por cada entrevistado. Os valores atribuídos variam conforme cada parâmetro tenha sido considerado essencial (4), muito importante (3), importante (2), pouco importante (1) ou indiferente (0). No único caso de empate do valor total, decidiu-se que o parâmetro que apresentava maior frequência de valores mais superiores seria mais importante (ex: um valor 2 isolado tem mais peso que a soma de dois valores 1).

**Tabela 4.2 – Importância Atribuída aos Parâmetros Definidos**

	A	B	C	D	Total
Autonomia do Utilizador	2	2	2	4	10
Aspecto Estético-formal	2	1	1	3	7
Estabilidade e Segurança	0	3	2	0	5
Facilidade de Condução	4	4	4	2	14
Facilidade e Rapidez na Preparação	3	4	4	2	13
Portabilidade	0	3	1	1	5
Versatilidade	1	2	3	0	6

Deste modo, é possível ordenar estes aspectos por ordem de importância dada pelos entrevistados, como se pode ver no Gráfico 4.1, que representa a Priorização da Procura. Os resultados obtidos foram utilizados para iniciar a construção da Matriz de Qualidade, segundo a metodologia descrita na secção seguinte.

**Gráfico 4.1 – Priorização da Procura**



### 4.3 Matriz de Qualidade

A Matriz de Qualidade pode ser consultada no Anexo III. O objectivo principal desta matriz é relacionar os aspectos valorizados pelo utilizador (segundo a escala definida pela Priorização da Procura – coluna do Índice de Priorização, na Matriz) com as Características do Produto, de modo a que estas possam igualmente ser ordenadas de acordo com a importância revelada. Com o objectivo de melhor sistematizar o seu posicionamento na Matriz, as Características do Produto foram divididas em três famílias:

- **Desempenho:** características relacionadas com a eficácia e eficiência com que a bicicleta realiza as funções para as quais é concebida.  
Exemplos: adaptação aos diferentes tipos de ambiente, acomodação do utilizador.
- **Características Dimensionais:** características relacionadas com as dimensões e estrutura da bicicleta.  
Exemplos: dimensões exteriores, peso.
- **Detalhes Técnicos:** características relacionadas com detalhes projectuais da bicicleta.  
Exemplos: protecção do habitáculo, ergonomia.

O corpo da matriz foi construído atribuindo valores, segundo a legenda que a acompanha, que relacionam cada um dos campos de ambos os eixos. Existem ainda na Matriz outras variáveis a que foram atribuídos valores:

- **Índice Estratégico:** mede o modo como se deseja que a bicicleta se comporte em relação a cada parâmetro da Procura, dando um peso maior aquelas características que se pretende que sejam positivamente diferenciadoras destes dispositivos.
- **Índice de Melhoria:** mede de que modo se deseja que a bicicleta se posicione em relação à concorrência quanto a cada parâmetro da Procura.
- **Índice de Priorização Revisto:** representa a priorização da procura, depois de ter em conta os valores dos índices Estratégico, de Melhoria e dos Concorrentes.

- **Índice dos Concorrentes:** avalia o desempenho dos produtos da concorrência em relação a cada um dos parâmetros da Procura. Dos dispositivos apresentados no capítulo 3, escolheram-se os quatro mais relevantes para inserir na Matriz de Qualidade, a saber:
  - **A** – BerkelBike Pro (ver secção 3.1)
  - **B** – BerkelBike Classic (ver secção 3.2)
  - **C** – Speedy-ELight (ver secção 3.3)
  - **D** – One-Off Handcycle (ver secção 3.5)
- **Importância das Características:** atribui, a partir da construção da Matriz de Qualidade, um valor a cada uma das Características do Produto, permitindo comparar a sua importância.
- **Análise Competitiva:** avalia o desempenho dos produtos da concorrência em relação a cada uma das Características de Produto definidas.
- **Dificuldade de Actuação:** mede a dificuldade que se tem em actuar sobre cada uma das Características de Produto da bicicleta.
- **Importância das Características Corrigida:** representa a Importância das Características, depois de ter em conta os valores da Análise Competitiva e da Dificuldade de Actuação.

No Anexo III, juntamente com a Matriz de Qualidade, são apresentadas também as escalas e fórmulas de cálculo utilizadas na sua construção.

Com os valores obtidos nesta Matriz, construíram-se o Gráfico 4.2 e o Gráfico 4.3. Facilmente se verifica que houve uma alteração na Priorização da Procura, tendo o parâmetro Estabilidade e Segurança subido duas posições, em detrimento do Aspecto Estético-formal e da Versatilidade.

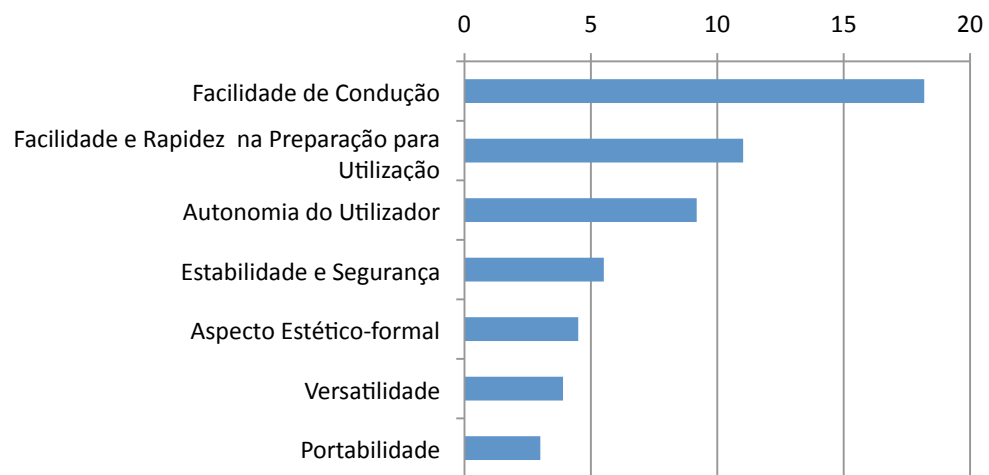


Gráfico 4.2 – Priorização Revista da Procura

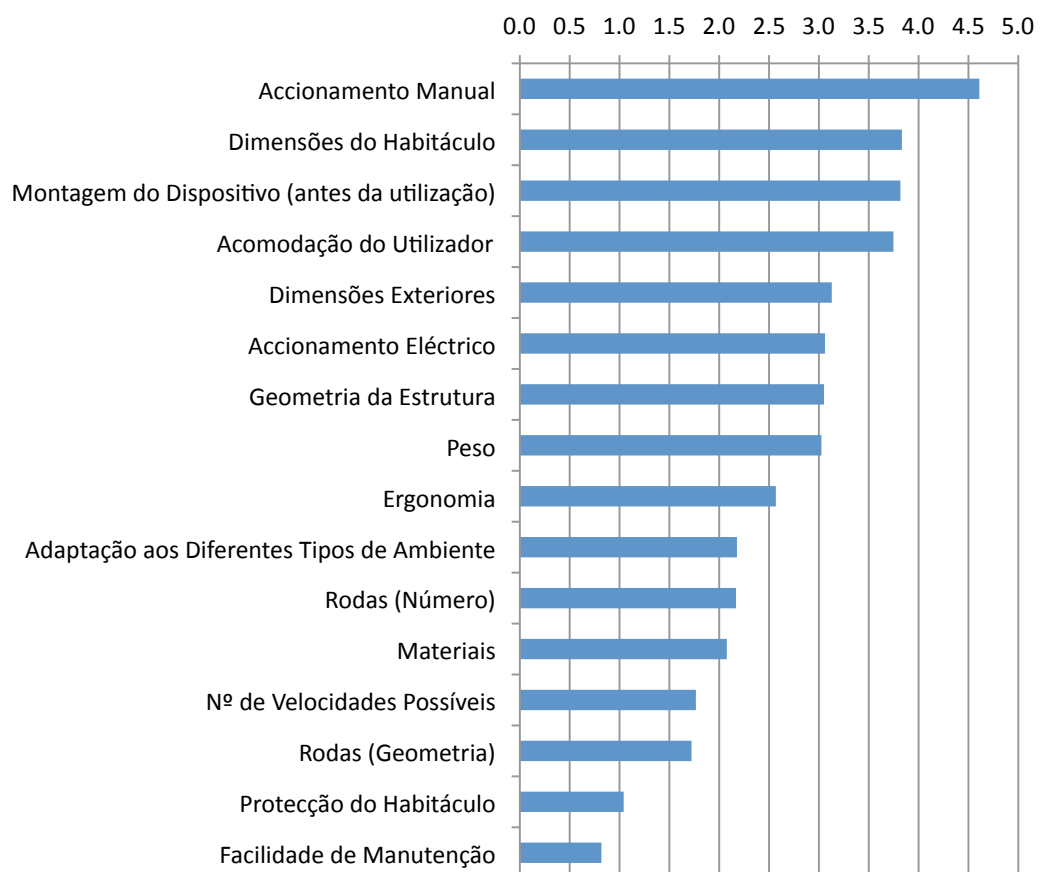


Gráfico 4.3 – Importância das Características Corrigida

Obteve-se deste modo um meio de comparação entre as diferentes Características do Produto, podendo-se durante o processo de desenvolvimento conceptual utilizar estes resultados como uma ferramenta para desenvolver um melhor produto, que vão ao encontro daquilo que o público-alvo considera importante. Na etapa seguinte, estes resultados foram utilizados como ponto de partida para obter a Matriz de Produto.

De notar que, ao construir a Matriz da Qualidade, tinha-se o objectivo secundário de decidir se o accionamento da bicicleta deveria ser manual ou eléctrico, através da comparação da importância atribuída a cada uma destas características. Como se pode verificar, o Accionamento Manual obteve uma importância muito mais elevada, devendo, por isso, ser esta a principal solução contemplada.

#### 4.4 Matriz de Produto

A Matriz de Produto pode ser consultada no Anexo IV. Esta matriz, de maneira semelhante à da Matriz de Qualidade, relaciona as Características de Produto com as Partes da Bicicleta, permitindo ordená-las de acordo com a importância que lhes deve ser atribuída durante a fase de desenvolvimento. A designação escolhida para cada uma das Partes foi feita de modo a que os seus nomes fossem tão explicativos quanto possível. No entanto, nalguns casos, afigura-se necessário esclarecer o seu significado mais detalhadamente:

- **Dispositivo de Accionamento:** interface através da qual o utilizador acciona o sistema de transmissão (punhos accionados manualmente, por exemplo). Diferente do Sistema de Transmissão, que é responsável por converter o movimento realizado directamente pelo utilizador, sobre o Dispositivo de Accionamento, em movimento das rodas motrizes.
- **Estrutura (Plataforma):** estrutura global da bicicleta, que suporta as restantes partes.
- **Habitáculo:** parte da estrutura que envolve directamente o utilizador. De certo modo, pode ser considerada uma subparte da Estrutura, mas pela sua importância neste contexto, é tratada separadamente.

Existem ainda outras variáveis nesta Matriz, a saber:

- **Importância das Partes:** parâmetro que permite avaliar a importância que tem cada Parte durante o processo desenvolvimento, a partir da Importância das Características Corrigida e de acordo com o preenchimento da Matriz.
- **Dificuldade de Desenvolvimento:** avalia a dificuldade em projectar cada uma das Partes da bicicleta e as relações de dependência desse componente face a outros que lhe estão associados.
- **Tempo de Desenvolvimento:** avalia o tempo que se demora a projectar ou a alterar o projecto de cada uma das Partes da bicicleta.
- **Importância das Partes Corrigida:** representa a priorização da procura, depois de ter em conta a Dificuldade e o Tempo de Desenvolvimento.

No Anexo IV, juntamente com a Matriz de Qualidade, são apresentadas também as escalas e fórmulas de cálculo utilizadas na sua construção.

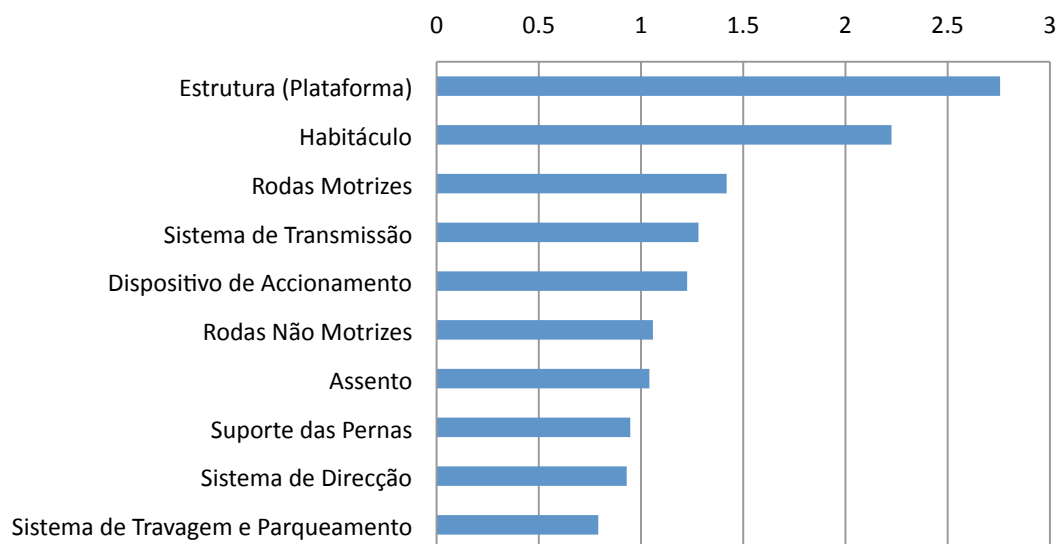
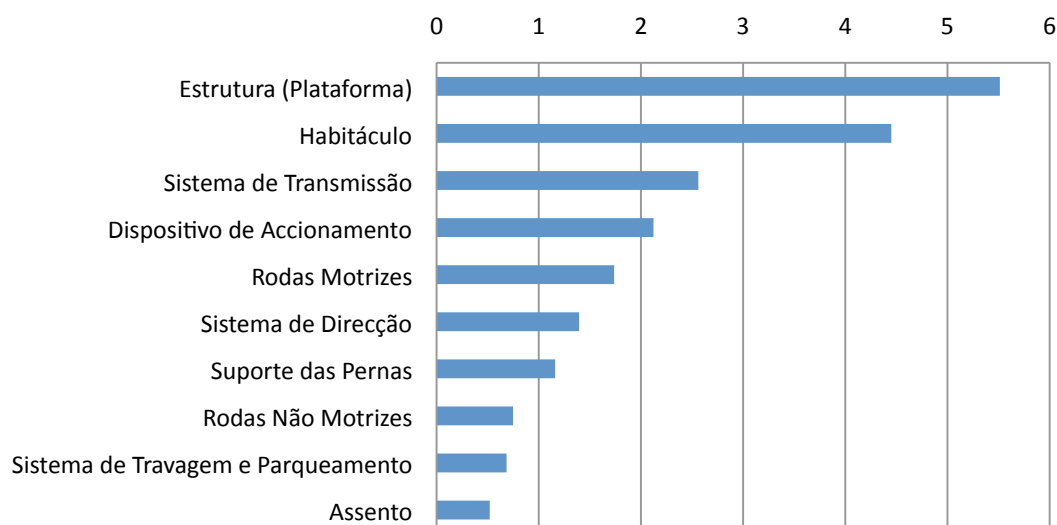


Gráfico 4.4 – Importância das Partes



**Gráfico 4.5 – Importância das Partes Corrigida**

O Gráfico 4.4 e o Gráfico 4.5 mostram, respectivamente, a Importância das Partes e a Importância das Partes Corrigida. De notar que a Estrutura e o Habitáculo se destacam consideravelmente em relação às restantes Partes, sendo logo seguidas pelo Sistema de Transmissão e pelo Dispositivo de Accionamento.

Assim, chegou-se a um meio de comparação das Partes que, tal como a Importância das Características, é muito útil para a fase de desenvolvimento conceptual, permitindo saber a que partes da bicicleta se deve dar mais importância para chegar a um bom resultado final. De notar que, tanto na Matriz de Qualidade como na de Produto, existem alguns casos de parâmetros (Características de Produto ou Partes) que, tendo em conta a solução final desenvolvida, deixam de ter significado (por exemplo, o Assento ou o Suporte das Pernas). Este facto não invalida em nada a sua utilização nas matrizes, já que nesta fase não se sabia ainda quais as decisões conceptuais futuras. De qualquer modo, a inclusão de um parâmetro representa uma reflexão sobre a sua problemática, mesmo que posteriormente a solução tenha ido numa direcção bastante diferente.



## **5 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO**

Após a caracterização e análise da problemática feita nos capítulos anteriores, existem condições para dar início ao processo de desenvolvimento de produto propriamente dito. Os primeiros passos neste sentido são dados a partir da elaboração de modelos conceptuais, consistindo na geração de ideias e soluções apropriadas, passíveis de desenvolver posteriormente ao nível de detalhe, elaborando uma proposta capaz de responder eficaz e eficientemente ao problema exposto.

A geração de diferentes modelos conceptuais permite analisá-los comparativamente, descartando aqueles que sejam inviáveis em prol dos restantes. Uma metodologia correcta nesta tarefa permite não só obter uma quantidade diversificada de modelos, como gerar numerosas variantes de um mesmo modelo, permitindo assim a sua optimização. Este processo é de certo modo iterativo, sendo as propostas revistas e analisadas várias vezes até que se obtenha o modelo considerado ideal, sobre o qual se desenvolve o produto final.

### **5.1 Análise Morfológica**

Optou-se pela Análise Morfológica como metodologia principal de geração de ideias. Esta técnica tem como base a decomposição do dispositivo em componentes isolados, sendo cada um deles analisado separadamente, gerando-se propostas morfológicas e conceptuais para cada componente, seleccionando posteriormente diferentes soluções entre as propostas geradas para cada um dos subsistemas, podendo assim chegar-se a uma multiplicidade de modelos para o dispositivo. A Análise Morfológica permite, assim, explorar de forma sistematizada diferentes soluções.

A Figura 5.1 e a Figura 5.2 mostram duas tabelas que reúnem um conjunto de conceitos para os diferentes subsistemas da bicicleta, de acordo com a decomposição elaborada. Estas tabelas encontram-se também no Anexo V e no Anexo VI, numa escala maior, de modo a poderem ser analisadas mais detalhadamente.




















Estrutura	4 Rodas 	3 Rodas 	4 Rodas 	3 Rodas 
Habitáculo	Apenas o assento 	Com Estrutura de Proteção 		
Punhos de Accionamento	Punhos Horizontais Desalinhados 	Punhos Horizontais Desalinhados 	Punhos Verticais Alinhados 	Punhos Verticais Desalinhados 
Rodas Motrizes				
Assento				
Sistema de Direcção	Rotação Segundo o Eixo do Veio 	Rotação Segundo um Plano Paralelo ao Utilizador 	Direccionamento Através de um Apoio no Peito do Utilizador (Deitado) 	

Figura 5.1 – Análise Morfológica (1)

Uma questão central nesta fase prendeu-se com a decisão sobre a integração da cadeira de rodas e de que modo a efectuar. Observado os campos Estrutura, Habitáculo e Assento, são notórias diferentes soluções para este problema. Desde cedo, assumiu-se que se poderia optar por eliminar a integração da cadeira do sistema desenvolvido ou por desenvolver um dispositivo que a incluísse (no fundo, desenvolver uma cadeira e uma adaptação a essa cadeira que a tornasse numa bicicleta) ou ainda optar por uma solução que pudesse ser combinada com as cadeiras de rodas já existentes. Directamente relacionados com esta questão prendiam-se outros aspectos, como a decisão sobre o número de rodas do dispositivo ou a posição do utilizador durante a sua utilização, aspectos estes que foram estudados paralelamente, de modo a permitir a elaboração de uma solução coerente e funcional.








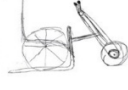



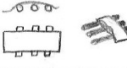






Habitáculo+ Assento		Utilização deitado 	Utilização deitado 		
Estrutura	A bicicleta transporta toda a cadeira, que entra pela parte traseira 	Adaptação a cadeira comum 			
Rodas Não Motrizes			Cilindros 		Quadriga 
Punhos de Accionamento					
Suporte para as Pernas	Com Fivelas 	Em Caixa 	Apoio Simples 		

Figura 5.2 – Análise Morfológica (2)

Destaca-se também o estudo dos restantes componentes que interagem directamente com o utilizador como o Suporte para as Pernas, o Sistema de Direcção ou os Punhos de Accionamento. Todas elas são fortemente condicionadas pelas especificidades do público-alvo, sendo que a decisão sobre qual a forma mais eficiente de realizar o accionamento foi alvo de particular atenção. De facto, como se verificará, optou-se por um sistema de Punhos Horizontais (semelhantes aos do guiador de uma bicicleta comum) com os eixos alinhados, por tudo indicar que é esta a configuração que permite um melhor uso da força de propulsão dos braços, que pode, deste modo, ser auxiliada pelo uso dos ombros e dos músculos dorsais, como já se referiu anteriormente.

Após a elaboração da Análise Morfológica apresentada, que representa uma reflexão cuidada sobre diferentes aspectos deste projecto, procedeu-se à criação de modelos conceptuais mais elaborados, cujas características e estrutura partiram dos resultados desta Análise.

## 5.2 Proposta Conceptual Inicial

A proposta conceptual inicial, representada na Figura 5.3 e na Figura 5.4, foi modelada utilizando o *software* CATIA V5. Este modelo é meramente representativo e o seu objectivo é transmitir o conceito de funcionamento, estrutura base e dimensões aproximadas desta primeira solução.

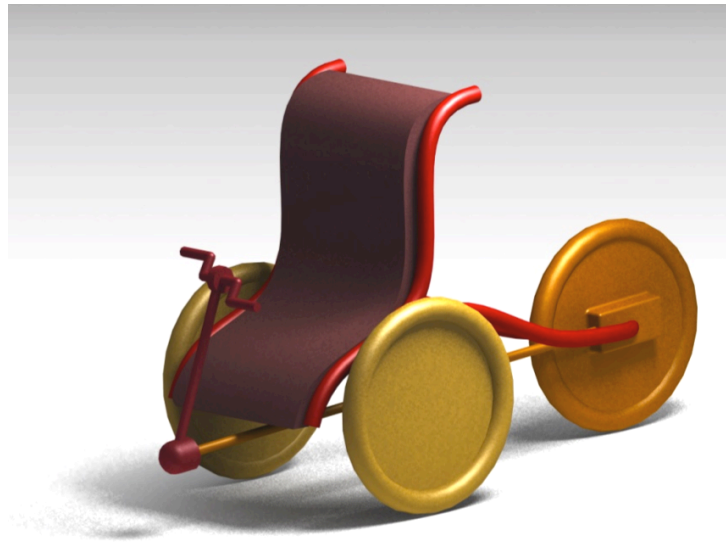


Figura 5.3 – Proposta Conceptual Inicial (1)



Figura 5.4 – Proposta Conceptual Inicial (2)

Nesta proposta, que contemplava a integração de cadeira de rodas, previa-se o desenvolvimento da totalidade do dispositivo (incluindo a cadeira), havendo a possibilidade de desacoplar a parte da bicicleta. Assim, a roda motriz localizava-se na parte traseira, havendo um sistema de transmissão que passava por baixo da cadeira, ligando a um sistema de punhos accionado pelo utilizador. O utilizador poderia desmontar o guiador e haveria um sistema de desacoplamento nas costas da cadeira que permitiria dividir a estrutura (a vermelho, nas figuras) em duas partes, sendo assim efectuada a conversão em cadeira de rodas.

Fazendo uma análise crítica ao modo de funcionamento deste modelo, verificaram-se alguns inconvenientes. O modo como seria feita a integração da cadeira de rodas obrigava o utilizador a ter que usar uma cadeira específica, não lhe permitindo fazer uso do dispositivo com uma cadeira comum, não preparada para receber a adaptação. O sistema de acoplamento previsto poderia dificultar o uso independente do dispositivo, dado que o utilizador teria que fazer o desacoplamento de costas para a roda motriz. Uma outra questão que neste modelo envolveria um estudo muito cuidado prendia-se com a localização do seu centro de massa. De facto, analisando as figuras apresentadas, verificou-se que o centro de massa do conjunto (veículo e utilizador) estaria avançado em relação ao eixo das rodas dianteiras, comprometendo a sua estabilidade e equilíbrio. Pelo exposto, decidiu-se elaborar um novo modelo conceptual, partindo da Análise Morfológica, mas utilizando uma metodologia diferente, que se verificou produzir melhores resultados.

### 5.3 Proposta Conceptual Final

Perante os resultados pouco satisfatórios do modelo anterior, decidiu-se desenvolver um novo modelo, baseado no conceito designado Quadriga na Análise Morfológica, conceito que tem esta designação por se basear formalmente nas quadrigas romanas (ver Figura 5.5).

A utilização deste conceito teve como objectivo desenvolver uma abordagem diferente ao modo como seria feito o acoplamento da cadeira, permitindo que esta seja transportada de maneira semelhante a como se posiciona o condutor dentro da quadriga.

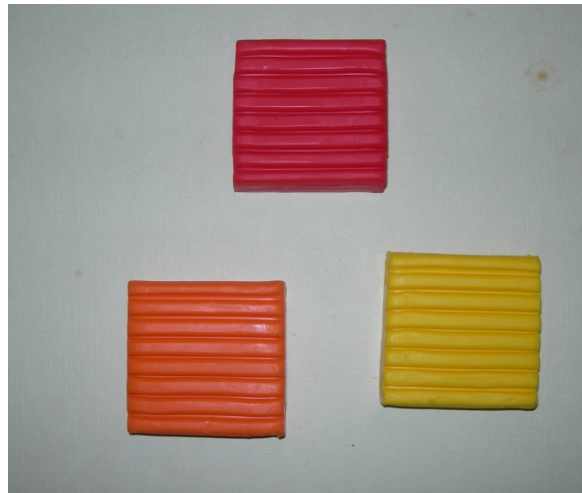


Figura 5.5 – Escultura de uma Quadriga Romana

O desenvolvimento deste conceito foi feito utilizando uma massa polimérica para moldar, semelhante à plasticina, endurecível quando exposta a temperaturas altas, num forno. Esta massa designa-se *FIMO* e é produzida pela empresa *STAEDTLER* [17]. A Figura 5.6 e a Figura 5.7 mostram os blocos destes material base, nas três cores utilizadas para construir o modelo. Foi ainda necessário utilizar arame para certas partes da estrutura e para aumentar a rigidez nalgumas zonas, durante a moldação.

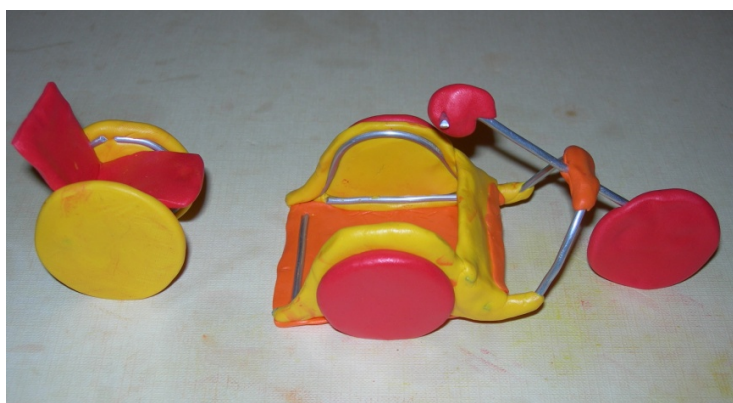


Figura 5.6 – Material Base, Embalado

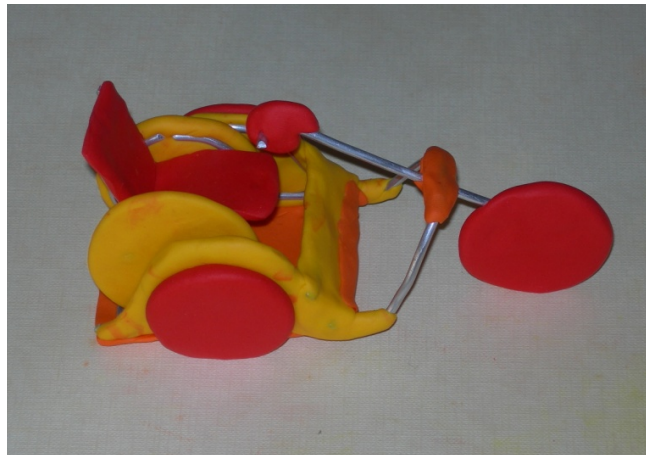


**Figura 5.7 – Material Base, Desembalado**

O modelo final elaborado (ver Figura 5.8) baseia-se no conceito designado Quadriga na Análise Morfológica. Neste modelo existe integração de cadeira de rodas, no entanto esta é feita de modo a evitar a necessidade de uma cadeira com características específicas. Existe uma estrutura com uma forma semelhante à de uma quadriga, na qual a cadeira de rodas entra por uma rampa. Ficando a cadeira de rodas fixa nesta estrutura, o utilizador está em condição de iniciar a condução da bicicleta, através do accionamento de punhos que estão ligados a uma roda motriz dianteira. É também nos punhos que é feito o direccionamento, através da rotação do veio que liga à roda dianteira.



**Figura 5.8 – Cadeira de Rodas e Bicicleta em FIMO**



**Figura 5.9 – Cadeira de Rodas Inserida na Bicicleta**

A Figura 5.9 mostra a cadeira inserida na bicicleta, exemplificando a ideia base do funcionamento pretendido, enquanto que a Figura 5.10 e a Figura 5.11 mostram cada uma isoladamente. Da análise feita a este modelo concluiu-se que representava um boa solução, viável e possível de otimizar. Assim, passou-se ao projecto de detalhe, construindo um modelo *CAD 3D* baseado neste conceito. De notar que várias propostas contempladas na Análise Morfológica, como as desenvolvidas para os Punhos de Accionamento, foram posteriormente recuperadas durante a fase de projecto de detalhe.



**Figura 5.10 – Bicicleta em FIMO**





Figura 5.11 – Cadeira de Rodas em FIMO

## 5.4 Projecto de Detalhe

A fase de projecto de detalhe, desenvolvendo o conceito escolhido no capítulo anterior, foi feita construindo um modelo *CAD 3D* no *software CATIA V5*. Durante a elaboração deste modelo foram sempre consideradas as restrições dimensionais inerentes às dimensões anatómicas e de uma cadeira de rodas comum. De facto, utilizou-se um modelo *CAD* de uma cadeira de modo a garantir as dimensões condicionadas pela necessidade de acomodar este dispositivo. Garantiu-se ainda que a bicicleta seria capaz de circular eficientemente em vias urbanas comuns, com o mínimo de condicionantes para o seu utilizador.

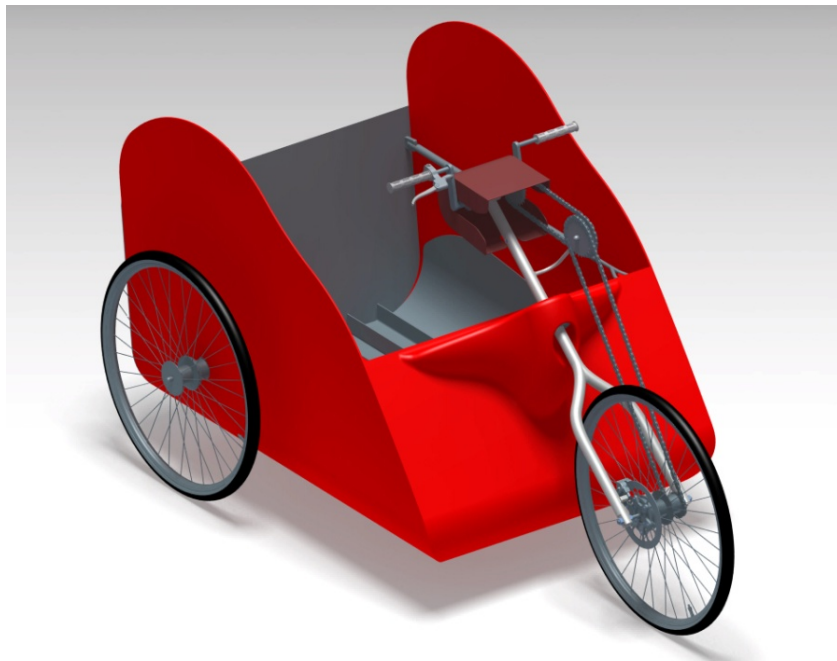
De notar que muitas das peças utilizadas representam produtos comerciais, semelhantes ou iguais aos actualmente disponibilizados no mercado das bicicletas comuns, sendo muitas delas normalizadas. Assim, neste capítulo não se dará especial importância às peças que se integram nesta categoria, tratando, pelo contrário, com mais pormenor aquelas que foram desenvolvidas especificamente para este projecto. O Anexo VII contém a documentação técnica relevante, de acordo com as normas estabelecidas [18].

A Figura 5.12 mostra o modelo final, com uma cadeira de rodas acoplada. O acesso da cadeira é feito pela parte traseira, através de uma rampa basculante, como se explicará com mais detalhe posteriormente. Assim, o utilizador fica sempre acomodado na sua cadeira habitual, não havendo necessidade de transferência, um processo por vezes demorado, custoso e requerendo o auxílio de terceiros. O accionamento é feito através de dois punhos horizontais de eixos alinhados, ligados à roda motriz, dianteira, através de um sistema de transmissão com correntes. Os punhos também permitem controlar o direccionamento, através de rotação segundo o eixo do guiador. O travão, de disco, é accionado através de um manípulo localizado

junto ao punho direito. A Figura 5.13 mostra também uma vista geral do modelo, mas sem a cadeira de rodas.



**Figura 5.12 – Modelo Final, com Cadeira de Rodas Acoplada**



**Figura 5.13 – Modelo Final, sem Cadeira de Rodas**

A Figura 5.14 mostra a estrutura (representada a vermelho), de forma semelhante a uma quadriga, podendo ver-se no seu interior uma chapa de reforço colocada ao longo da base. A estrutura, com 5 mm de espessura, seria produzida através de moldação por contacto e feita de um material compósito (por ex., epóxi reforçado com fibra de vidro tem propriedades mecânicas apropriadas para este contexto), sendo o reforço, de chapa de aço de 3 mm, integrado na estrutura durante o seu fabrico. Esta chapa serve como reforço, mas também para permitir a fixação tanto das rodas traseiras como da rampa de acesso. Esta fixação é feita através de um veio segundo o qual a rampa gira, permitindo a sua descida ou subida, conforme o utilizador deseje. No caso das rodas, a fixação no reforço permite distribuir o esforço a que estão sujeitas pela chapa (ver Figura 5.15). É ainda nesta chapa que são soldadas duas calhas em forma de *U* que servem de fixação para a cadeira de rodas. Assim, as 4 rodas da cadeira ficam bloqueadas e impedidas pelas calhas de deslizar lateralmente.

Pode-se ainda observar o puxador da rampa de acesso (vista em detalhe na Figura 5.16). Quando a rampa está recolhida, o puxador fica preso num encaixe lateral, do lado esquerdo do utilizador (ver Figura 5.17). Para descer a rampa, basta que o puxador seja retirado deste encaixe e empurrado para trás. O curso do puxador é limitado por uma guia de forma toroidal, que o segura quando a rampa está descida (ver Figura 5.18).

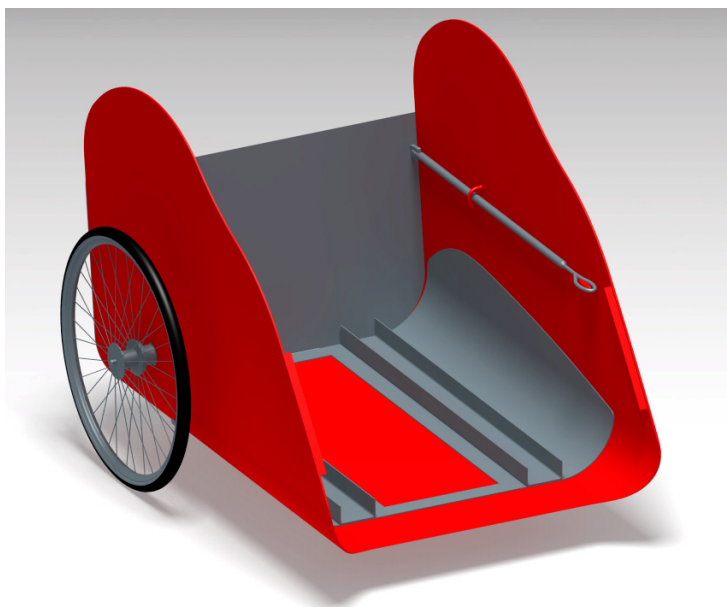
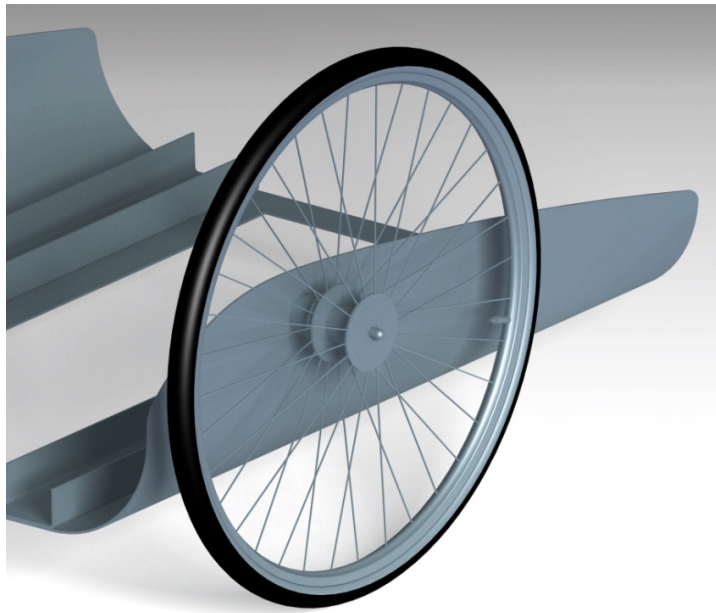
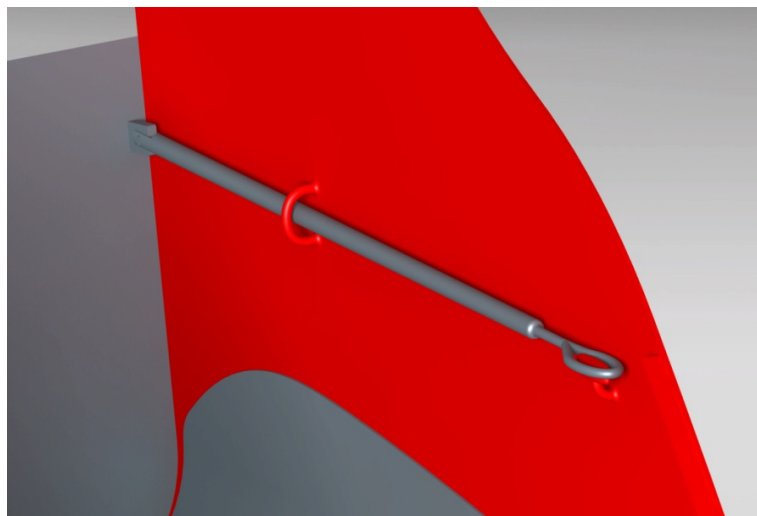


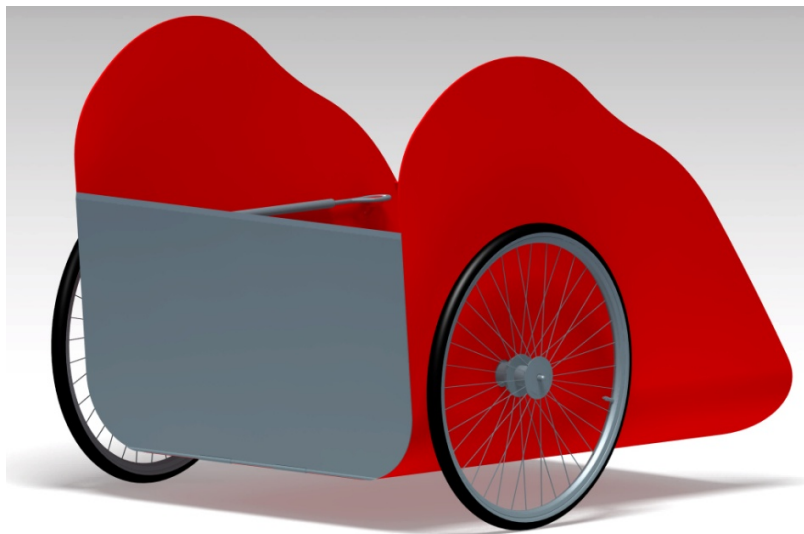
Figura 5.14 – Interior da Estrutura



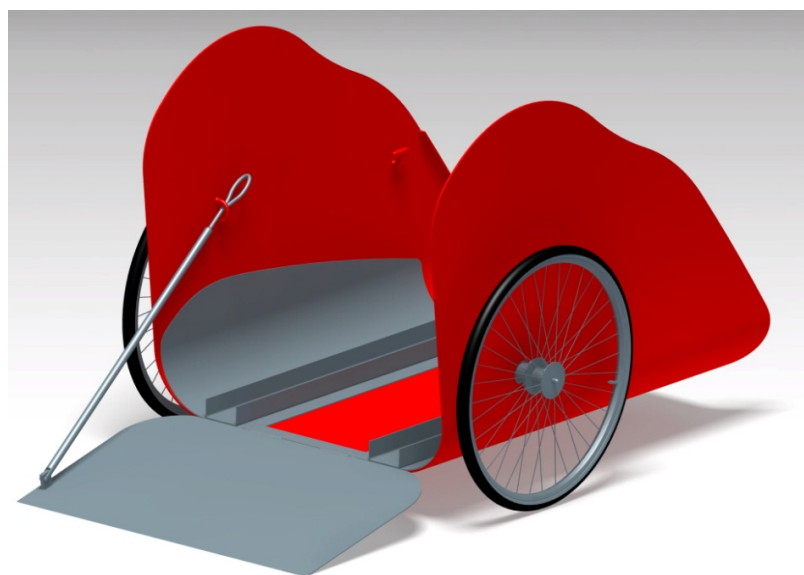
**Figura 5.15 – Roda Traseira**



**Figura 5.16 – Puxador da Rampa**



**Figura 5.17 – Rampa de Acesso Recolhida**



**Figura 5.18 – Rampa de Acesso Descida**

Como se pode ver na Figura 5.18, o utilizador consegue subir a rampa (dimensionada com uma inclinação apropriada para uma cadeira de rodas), fazendo com que as rodas da cadeira fiquem fixas pelas calhas. Depois de entrar, facilmente recolhe a rampa usando o puxador e fixando-o no respectivo encaixe. Assim, todo o processo de preparação para a utilização é realizado autonomamente e sem esforços excessivos. Note-se que, após a retirada da cadeira, a rampa fica descida de modo a facilitar a posterior tarefa de entrada, quando o utilizador quiser utilizar novamente o dispositivo.



**Figura 5.19 – Parte Frontal**

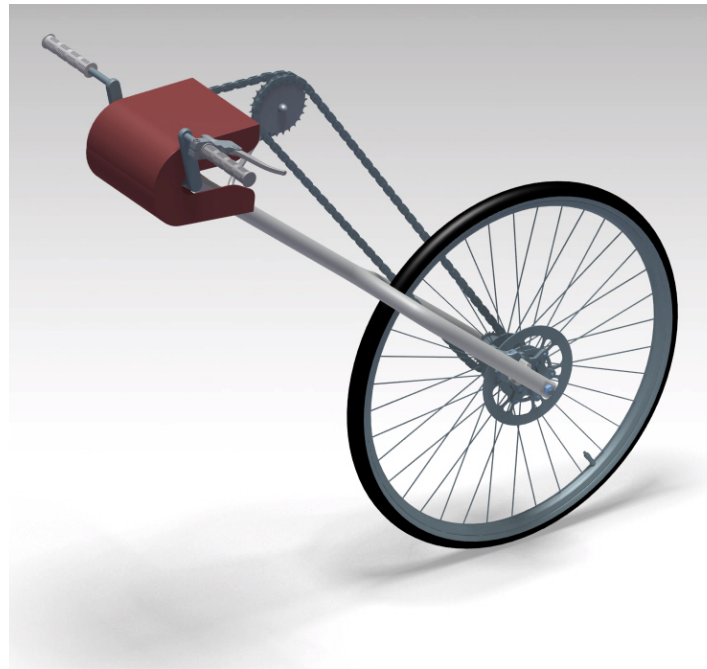
A parte frontal, representada na Figura 5.19, é suportada por uma cobertura frontal, onde está fixo um casquilho de aço que aloja dois rolamentos que permitem a rotação segundo o eixo da direcção (ver Figura 5.20). Esta parte frontal, representada isoladamente na Figura 5.21, suporta a roda frontal, os punhos e o sistema de transmissão. A cobertura frontal é colada à estrutura através de abas, que se podem ver na Figura 5.14.

A Figura 5.22 mostra a roda frontal com mais detalhe. Para além da roda propriamente dita, destaca-se a existência de um travão de disco e de uma engrenagem que permite a transmissão de movimento, através de uma corrente (não representada nesta figura).



**Figura 5.20 – Cobertura Frontal e Casquilho**



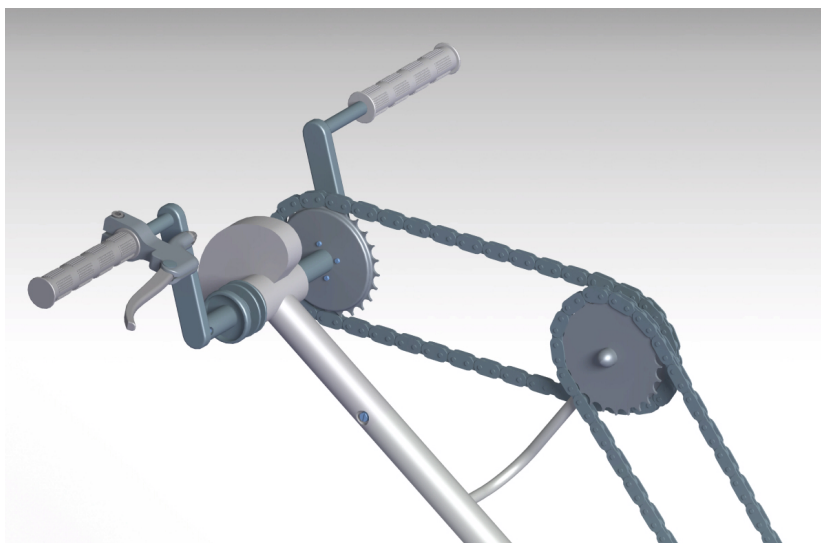


**Figura 5.21 – Parte Frontal Isolada**



**Figura 5.22 – Roda Frontal**



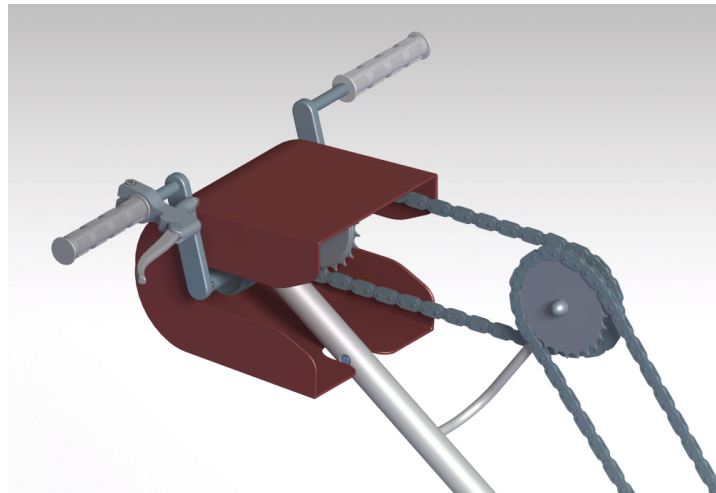


**Figura 5.23 – Punhos e Sistema de Transmissão (1)**

O sistema de transmissão é accionado pela movimentação dos punhos pelo utilizador (ver Figura 5.23 e Figura 5.24), havendo uma engrenagem ligada directamente ao veio dos punhos e um par de engrenagens intermédio, cujo objectivo é permitir que a corrente fique afastada da estrutura. De facto, a obrigatoriedade de tanto o accionamento como o direccionamento serem feitos utilizando os punhos, devido à imobilização das pernas do utilizador, obrigou a um dimensionamento cuidadoso da transmissão por corrente, de modo a que esta se realizasse eficazmente e permitindo simultaneamente a rotação segundo o eixo da forquilha. No punho direito encontra-se um manípulo que permite accionar o travão e a meio da estrutura de fixação do veio existe um encaixe que permite a colocação de uma cobertura para o mecanismo dos punhos, representada na Figura 5.25. Esta cobertura serve para proteger o utilizador das engrenagens.



**Figura 5.24 – Punhos e Sistema de Transmissão (2)**



**Figura 5.25 – Punhos com Cobertura e Sistema de Transmissão**

Como já tinha sido referido, muitos destes componentes são normalizados ou comuns aos de uma bicicleta normal, sendo exemplos disso o disco do travão, as engrenagens ou a corrente. De facto, uma vantagem deste modelo prende-se com o facto de utilizar muitas peças que se encontram facilmente no mercado, facilitando a sua construção e montagem.

De notar que, pelo facto do manípulo do travão se posicionar num dos punhos, que rodam continuamente no mesmo sentido, teve que se encontrar uma solução de modo a que o cabo do travão (não representado) não torcesse devido a essa rotação. A solução encontrada passou pela implementação de um rotor de cabo de travão (ver Figura 5.26), muito utilizado em bicicletas acrobáticas por permitir a rotação em 360° do veio da direcção. No modelo, este rotor encontra-se no veio dos punhos, do lado direito do utilizador.



**Figura 5.26 – Sistema de Travagem com Rotor [19]**

## 5.5 Discussão da Solução

Como foi visto, o projecto de detalhe apresentado baseia-se na construção da estrutura em material compósito, utilizando uma estrutura de reforço metálico que permite fixar as rodas traseiras e a rampa. Para dimensionar a espessura da estrutura compósita, construiu-se um modelo computacional que permitisse simular as solicitações que sofria, utilizando como material um compósito de resina epóxi reforçado com fibra de vidro. O modelo aproximado definido consistia numa chapa em forma de U, fixa na base e num dos topos, sendo aplicada uma carga de 980 N segundo o eixo horizontal numa das faces interiores.

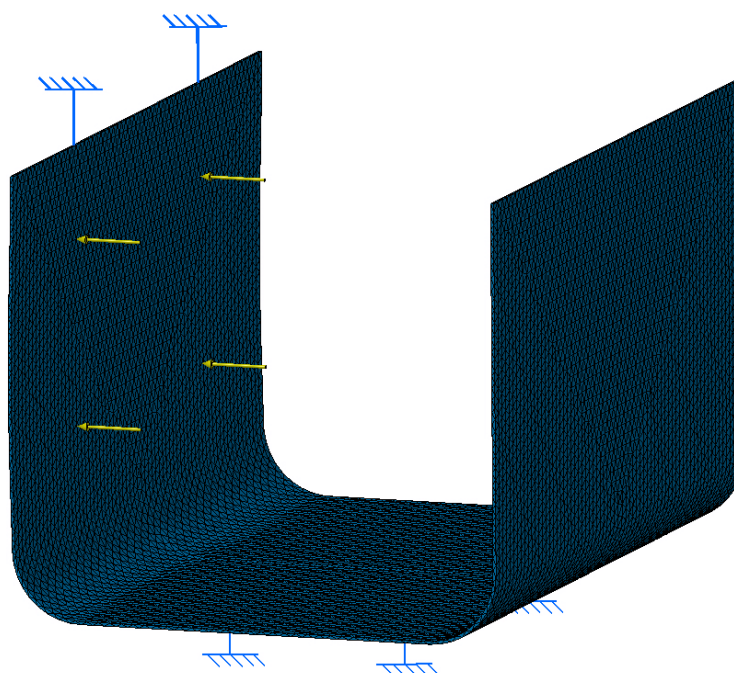


Figura 5.27 – Modelo Computacional – Chapa Deformada

O valor de 980 N corresponde a uma massa de 100 kg, representativa da solicitação da chapa aplicada ao modelo, resultante da combinação da massa de um indivíduo comum (considerada 65 kg) e de uma cadeira de rodas comum (considerada 18 kg). Assim, o modelo ainda contempla uma margem de segurança correspondente a 17 kg.

A espessura da chapa do modelo foi ajustada algumas vezes, até se obter um valor que resultasse numa baixa deformação da chapa. A Figura 5.27 mostra a chapa deformada resultante do modelo com uma espessura de 5 mm, tendo sido este o valor escolhido por se verificar que a deformação era aceitável.

Ao optar por construir este modelo usando um material compósito, integrando uma estrutura para reforço e fixação de outras peças, confrontou-se esta proposta com outras alternativas, nomeadamente a construção de um *chassis* tubular que suportasse uma estrutura exterior, em chapa. Esta abordagem teria certamente produzido um resultado diferente do que é aqui apresentado, tendo que tomar opções construtivas de outro género. Seria necessário um dimensionamento cuidado do *chassis*, que seria o principal responsável por suportar as solicitações externas, enquanto que a estrutura exterior teria uma funcionalidade principalmente estética. No entanto, a opção pela estrutura em material compósito permitiu obter uma solução interessante, combinando eficazmente a dimensão estética, formal e funcional. Outro aspecto relevante em relação à dimensão estético-formal da bicicleta prende-se com uma ideia já apresentada, relativa à integração de publicidade como meio de rentabilização de um sistema público de utilização deste veículo. De facto, a geometria lateral da estrutura e a rampa permitem a colagem de cartazes publicitários nas superfícies exteriores não aproveitadas, podendo até produzir-se resultados esteticamente interessantes a este nível, valorizando tanto a mensagem publicitária como a aparência da estrutura. A Figura 5.28 mostra quatro exemplos de como se poderia integrar publicidade na bicicleta, usando o logótipo da Universidade de Aveiro e um logótipo fictício, criado especificamente para este estudo.



Figura 5.28 – Estudo da Integração de Publicidade



## 6 CONCLUSÕES

Este projecto permitiu caracterizar detalhadamente a problemática de mobilidade urbana inerente à utilização de cadeira de rodas. A consulta da legislação em vigor sobre acessibilidade universal e a posterior análise do caso de estudo permitiu verificar as situações de incumprimento, dando origem a cenários de dificuldade ou impossibilitação da circulação em cadeira de rodas. Verificou-se ainda que a inexistência de soluções viáveis em Portugal para esta questão criava espaço para o desenvolvimento de um novo conceito que permitisse melhorar a mobilidade urbana de um paraplégico e reduzir a sua dependência de terceiros.

A análise prévia do público-alvo, juntamente com as entrevistas realizadas, permitiram fazer uma reflexão cuidada das características necessárias do dispositivo final, garantindo que a solução gerada se enquadra na expectativa apresentada pelos potenciais utilizadores como no contexto ambiental e arquitectónico verificado. De facto, na fase de geração de modelos conceptuais elaboraram-se algumas ideias que se pretendia que cumprissem estas condições, tendo sido posteriormente analisadas criticamente e melhoradas até se atingir a proposta final, descartando inevitavelmente outras ideias que se entendeu serem menos viáveis. O facto de todo este processo (análise prévia da problemática e posterior passagem à geração de modelos conceptuais) ter sido feito de modo sistemático e estruturado permitiu a obtenção de melhores resultados e uma mais eficiente confrontação com as soluções alternativas.

A fase de projecto de detalhe cumpriu o objectivo ao elaborar uma proposta sustentável de implementação do conceito escolhido, permitindo o desenvolvimento de um modelo com o detalhe apropriado e a apresentação de uma solução viável de ponto de vista funcional. O aspecto estético-formal foi igualmente relevante, pelo que a solução mereceu uma atenção especial neste ponto, tentando, dentro do possível, conciliar a funcionalidade, a usabilidade e o formalismo final.

A conjugação do modelo construído com a proposta de implementação representa um sistema que melhora significativamente a qualidade de vida de um paraplégico, fornecendo um complemento importante à utilização da cadeira de rodas como principal meio de locomoção. Assim, este projecto promove a igualdade e a acessibilidade universal, permitindo a circulação eficiente, rápida e cómoda nas ciclovias urbanas.

É ainda relevante dizer que esta proposta contribui para a criação de condições que melhoram a eficiência com que um paraplégico consegue realizar um determinado percurso, comparativamente com a que se verifica para uma pessoa sem alterações de mobilidade, contribuindo assim para uma situação de maior igualdade. De facto, tendo em conta o percurso estudado entre a Estação e a Universidade, conclui-se que o tempo que se demora a percorrer poderia diminuir consideravelmente, melhorando ainda as condições em que é feito, devido a passar a poder utilizar-se plenamente a rede de ciclovias existente.

A bicicleta apresentada apresenta ainda uma grande vantagem em termos de contextos de utilização, podendo ser usada numa variedade de situações, para efeitos de transporte, desporto ou lazer, ao contrário de algumas das soluções actuais analisadas, específicas para determinadas práticas e, por isso, tendo um uso pouco eficiente caso se lhes dê uma utilização diferente. Com este aspecto prende-se também a questão da possibilidade de integração de qualquer cadeira de rodas manual na bicicleta desenvolvida, evitando assim a necessidade de utilização de uma cadeira específica, acoplável ao dispositivo a utilizar. Assim, o sistema de acoplamento da solução proposta afigura-se vantajoso em relação às soluções actuais.

Em trabalhos futuros, as propostas passariam pela construção de modelos funcionais, de modo a sujeitá-los a testes e a uma análise crítica por parte de potenciais utilizadores. As conclusões destes procedimentos permitiriam melhorar o modelo actual, de modo a chegar a uma proposta para produção em série. Seria também interessante fazer um estudo mais aprofundado sobre os processos de fabrico e montagem do dispositivo. Paralelamente, conceber uma proposta mais elaborada em termos de implementação do dispositivo, nomeadamente ao nível do funcionamento detalhado do sistema de aluguer e da possibilidade de incluir publicidade nalgumas superfícies do veículo, reduzindo assim os seus custos operacionais, poderia igualmente ser uma vantagem para o projecto.



## REFERÊNCIAS

- [1] Heller, K., Alberto, P., Forney, P., Schwartzman, M., *Understanding Physical, Sensory & Health Impairments*, Brooks/Cole, Pacific Groove, EUA, 1996;
- [2] Van Hasselt, V. B., Strain, P. S., Hersen, M. (Eds.), *Handbook of Developmental and Physical Disabilities*, Allyn & Bacon, Reino Unido, 1992;
- [3] Fotografia de uma cadeira de rodas manual comum retirada de <http://en.wikipedia.org/wiki/File:WheelchairSeatingNTSB.jpg> em Junho de 2011, direitos do Governo Federal dos Estados Unidos;
- [4] Fotografia de uma cadeira de rodas eléctrica comum retirada de [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Pride\\_Jazzy\\_Select\\_power\\_chair\\_001.JPG](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Pride_Jazzy_Select_power_chair_001.JPG) em Junho de 2011, direitos de Stephen B. Calvert;
- [5] *Plano Nacional de Promoção da Acessibilidade*, Resolução do Conselho de Ministros nº9/2007 de 17 de Janeiro, Lisboa, Portugal;
- [6] *The Principles of Universal Design*, The Center for Universal Design – NC State University, EUA, retirado de <http://www.design.ncsu.edu/cud/> em Março de 2011;
- [7] Vídeo *Accessible Sidewalks: Design Issues for Pedestrians who use Wheelchairs*, Unites States Access Board, Washington DC, EUA, retirado de <http://www.youtube.com/watch?v=O4mLJTkPIYs> em Março de 2011;
- [8] Teles, P., Soares, C., *Acessibilidade e mobilidade para todos : apontamentos para uma melhor interpretação do DL 163/2006 de 8 de Agosto*, Secretariado Nacional para a Reabilitação e Integração das Pessoas com Deficiência, Porto, Portugal, 2007;
- [9] Mapa do percurso entre a Estação da CP de Aveiro e a Universidade de Aveiro, retirado de <http://maps.google.pt/> em Março de 2011;
- [10] Página da *BerkelBike*, em <http://www.berkelbike.com/>, consultada em Maio de 2011;
- [11] Página da *Speedy*, em <http://www.speedy.de/>, consultada em Maio de 2011;
- [12] Página da *Skywheel*, em <http://www.skywheel.kr/>, consultada em Maio de 2011;

- [13] Página da *One-Off Titanium Inc.*, em <http://www.oneoffhandcycle.com/>, consultada em Maio de 2011;
- [14] Página da *FreeWheel*, em <http://www.gofreewheel.com/>, consultada em Maio de 2011;
- [15] Página da *MountainTrike*, em <http://www.mountaintrike.co.uk/>, consultada em Maio de 2011;
- [16] Fotografia de uma escultura de uma quadriga romana de A. Santini, retirada de <http://www.sculpturegallery.com/> em Junho de 2011;
- [17] Página da *STAEDTLER*, em <http://www.staedtler.com/>, consultada em Junho de 2011;
- [18] Simões Morais, J., *Desenho Técnico Básico 3.Desenho de Construções Mecânicas*, Porto Editora, Porto, Portugal, 2006;
- [19] Página da *Evans Cycles*, em <http://www.evanscycles.com/>, consultada em Junho de 2011.

## **ANEXO I**

## **GUIA PARA REALIZAÇÃO DAS ENTREVISTAS**

### **1) Apresentação do Projecto**

.Bicicleta adaptada para paraplégicos.

.Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica, pela Universidade de Aveiro (áreas científicas: desenvolvimento de produto; concepção de produtos médicos).

.Pretende-se desenvolver uma bicicleta adaptada para paraplégicos, de accionamento manual ou eléctrico, que permita que estes circulem com facilidade, comodidade e relativa rapidez em circuito urbano. Frisar que se usa o termo "bicicleta" no sentido lato, sendo que o veículo final poderá ter mais que duas rodas. Apresentar ainda o conceito da cadeira rodas integrada: por exemplo, uma parte do dispositivo poderia ser retirada, convertendo-se a bicicleta numa cadeira de rodas para utilização em interiores.

### **2) Perfil do entrevistado**

.Nome e idade.

.Profissão.

.Origem e grau da paraplegia.

.Dificuldades principais no dia-a-dia devido à mobilidade reduzida.

.Tipos de trajecto que efectua diariamente: distância, barreiras físicas e arquitectónicas e outros aspectos relevantes.

.Grau de autonomia com que efectua esse trajecto e que recursos, humanos ou mecânicos, utiliza durante o mesmo.

.Aspectos em que o modo como efectua trajectos diários poderia ser melhorado ou optimizado.

### **3) Questões sobre dispositivos**

.Conhecimento ou experiência com dispositivos do tipo em questão (bicicletas adaptadas para paraplégicos) e opiniões sobre os mesmos.

.Características mais e menos importantes destes dispositivos.

.Preferência por accionamento manual ou eléctrico (vantagens e desvantagens de cada um deles).

.Ideias sobre como deve ser feito o acondicionamento do utilizador, de um modo confortável e permitindo optimizar a condução do dispositivo.

.Importância do aspecto estético do dispositivo.

.Ideias concretas para o dispositivo em questão.

.Disponibilidade para utilizar diariamente um dispositivo deste género.

.Averiguar quais são as maiores falhas que uma pessoa sem alterações de mobilidade pode cometer em termos de concepção de um dispositivo deste género, por falta de percepção das dificuldades de mobilidade no dia-a-dia de um paraplégico.

### **4) Questões sobre custos**

.Tipo de cadeira de rodas utilizado pelo entrevistado.

.Outros dispositivos ou acessórios utilizados (por exemplo, adaptações a veículos automóveis).

.Preço aproximado desses dispositivos/acessórios.

.Valor que estaria disposto a pagar por um dispositivo deste género.

## **ANEXO II**

# THE PRINCIPLES OF UNIVERSAL DESIGN

Version 2.0 (4/1/97)

1

## EQUITABLE USE

The design is useful and marketable to people with diverse abilities.



- GUIDELINES**
- 1a. Provide the same means of use for all users: identical whenever possible; equivalent when not.
  - 1b. Avoid segregating or stigmatizing any users.
  - 1c. Make provisions for privacy, security, and safety equally available to all users.
  - 1d. Make the design appealing to all users.

- EXAMPLES**
- Power doors with sensors at entrances that are convenient for all users
  - Integrated, dispersed, and adaptable seating in assembly areas such as sports arenas and theaters

5

## TOLERANCE FOR ERROR

The design minimizes hazards and the adverse consequences of accidental or unintended actions.



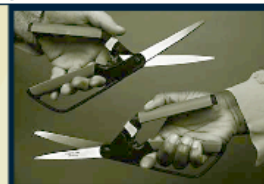
- GUIDELINES**
- 5a. Arrange elements to minimize hazards and errors: most used elements, most accessible; hazardous elements eliminated, isolated, or shielded.
  - 5b. Provide warnings of hazards and errors.
  - 5c. Provide fail safe features.
  - 5d. Discourage unconscious action in tasks that require vigilance.

- EXAMPLES**
- A double-cut car key easily inserted into a recessed keyhole in either of two ways
  - An "undo" feature in computer software that allows the user to correct mistakes without penalty

2

## FLEXIBILITY IN USE

The design accommodates a wide range of individual preferences and abilities.



- GUIDELINES**
- 2a. Provide choice in methods of use.
  - 2b. Accommodate right- or left-handed access and use.
  - 2c. Facilitate the user's accuracy and precision.
  - 2d. Provide adaptability to the user's pace.

- EXAMPLES**
- Scissors designed for right- or left-handed users
  - An automated teller machine (ATM) that has visual, tactile, and audible feedback, a tapered card opening, and a palm rest

6

## LOW PHYSICAL EFFORT

The design can be used efficiently and comfortably and with a minimum of fatigue.



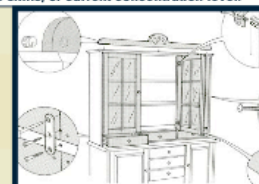
- GUIDELINES**
- 6a. Allow user to maintain a neutral body position.
  - 6b. Use reasonable operating forces.
  - 6c. Minimize repetitive actions.
  - 6d. Minimize sustained physical effort.

- EXAMPLES**
- Lever or loop handles on doors and faucets
  - Touch lamps operated without a switch

3

## SIMPLE AND INTUITIVE USE

Use of the design is easy to understand, regardless of the user's experience, knowledge, language skills, or current concentration level.



- GUIDELINES**
- 3a. Eliminate unnecessary complexity.
  - 3b. Be consistent with user expectations and intuition.
  - 3c. Accommodate a wide range of literacy and language skills.
  - 3d. Arrange information consistent with its importance.
  - 3e. Provide effective prompting and feedback during and after task completion.

- EXAMPLES**
- A moving sidewalk or escalator in a public space
  - An instruction manual with drawings and no text

7

## SIZE AND SPACE FOR APPROACH AND USE

Appropriate size and space is provided for approach, reach, manipulation, and use regardless of user's body size, posture, or mobility.



- GUIDELINES**
- 7a. Provide a clear line of sight to important elements for any seated or standing user.
  - 7b. Make reach to all components comfortable for any seated or standing user.
  - 7c. Accommodate variations in hand and grip size.
  - 7d. Provide adequate space for the use of assistive devices or personal assistance.

- EXAMPLES**
- Controls on the front and clear floor space around appliances, mailboxes, dumpsters, and other elements
  - Wide gates at subway stations that accommodate all users

4

## PERCEPTIBLE INFORMATION

The design communicates necessary information effectively to the user, regardless of ambient conditions or the user's sensory abilities.



- GUIDELINES**
- 4a. Use different modes (pictorial, verbal, tactile) for redundant presentation of essential information.
  - 4b. Maximize "legibility" of essential information.
  - 4c. Differentiate elements in ways that can be described (i.e., make it easy to give instructions or directions).
  - 4d. Provide compatibility with a variety of techniques or devices used by people with sensory limitations.

- EXAMPLES**
- Tactile, visual, and audible cues and instructions on a thermostat
  - Redundant cueing (e.g., voice communications and signage) in airports, train stations, and subway cars

### THE PRINCIPLES WERE COMPILED BY ADVOCATES OF UNIVERSAL DESIGN, IN ALPHABETICAL ORDER:

Betty Rose Connell, Mike Jones,  
Ron Mace, Jim Mueller,  
Abir Mullick, Elaine Ostroff,  
Jon Sanford,  
Ed Steinfeld, Molly Story,  
and Gregg Vanderheiden.

#### NOTE:

The Principles of Universal Design are not intended to constitute all criteria for good design, only universally usable design. Certainly, other factors are important, such as aesthetics, cost, safety, gender and cultural appropriateness, and these aspects must also be taken into consideration when designing.

© Copyright 1997 NC State University.  
Center for Universal Design, College of Design

**NC STATE UNIVERSITY** College of Design

**THE CENTER FOR UNIVERSAL DESIGN**

Box 8613 • Raleigh, NC • 27695.8613

1.800.647.6777 Info Request Line

919.515.3082 Voice and TTY

919.515.8951 FAX

<http://www.design.ncsu.edu/cud>



## THE PRINCIPLES OF UNIVERSAL DESIGN

Version 2.0 (4/1/97)

**UNIVERSAL DESIGN:** The design of products and environments to be usable by all people, to the greatest extent possible, without adaptation or specialized design.

The authors, a working group of architects, product designers, engineers and environmental design researchers, collaborated to establish the following Principles of Universal Design to guide a wide range of design disciplines including environments, products and communications. These seven principles may be applied to evaluate existing designs, guide the design process, and educate both designers and consumers about the characteristics of more usable products and environments.

### 1 **EQUITABLE USE**

The design is useful and marketable to people with diverse abilities.

### 2 **FLEXIBILITY IN USE**

The design accommodates a wide range of individual preferences and abilities.

### 3 **SIMPLE AND INTUITIVE USE**

Use of the design is easy to understand, regardless of the user's experience, knowledge, language skills, or current concentration level.

### 4 **PERCEPTIBLE INFORMATION**

The design communicates necessary information effectively to the user, regardless of ambient conditions or the user's sensory abilities.

### 5 **TOLERANCE FOR ERROR**

The design minimizes hazards and the adverse consequences of accidental or unintended actions.

### 6 **LOW PHYSICAL EFFORT**

The design can be used efficiently and comfortably and with a minimum of fatigue.

### 7 **SIZE AND SPACE FOR APPROACH AND USE**

Appropriate size and space is provided for approach, reach, manipulation, and use regardless of user's body size, posture, or mobility.



## **ANEXO III**

## Matriz da Qualidade

Matriz da Qualidade	IPI=Índice de Priorização	Desempenho						Características Dimensionais					Detalhes Técnicos												
		Nº de Velocidades Possíveis	Adaptação aos Diferentes Tipos de Ambiente	Acomodação do Utilizador	Montagem do Dispositivo (antes da utilização)	Accionamento Manual	Accionamento Eléctrico	Rodas (Geometria)	Rodas (Número)	Dimensões do Habitáculo	Dimensões Exteriores	Peso	Facilidade de Manutenção	Protecção do Habitáculo	Geometria da Estrutura	Materiais	Ergonomia	IE=Índice Estratégico	MI=Índice de Melhoria	ICA=Índice do Concorrente A	ICB=Índice do Concorrente B	ICCI=Índice do Concorrente C	ICDI=Índice do Concorrente D	IPI*=IPI Revisito	
		Facilidade de Condução	7	6	3			6	9	3	3	3	6			6	3	9	1,5	1	1,5	1,5	2	1	18,2
		Facilidade e Rapidez na Preparação para Utilização	6			9	9				6	6	6			6		6	2	1,5	1	1,5	1,5	0,5	11
		Autonomia do Utilizador	5	3	6	6	9	9	3					9	3				1,5	1	1,5	1,5	0,5	2	9,19
		Aspecto Estético-formal	4				6	3	9	9	9	9			6	9	9	6	1,5	1,5	1,5	0,5	0,5	1,5	4,5
		Versatilidade	3	6	9			3	3	9	6		3				6		1,5	0,5	1,5	1,5	0,5	2	3,9
		Estabilidade e Segurança	2	3	6	6				6	9	6	6	6		9		6	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	5,51
		Portabilidade	1				3			3	3	9	9	9			6		1,5	1	1	2	2	1,5	3

Especificações																
IQj=Importância das Características	1,7659	1,778153	1,8739	1,908746	2,3048	2,1643	1,722	1,7704	2,2126	2,2126	2,4701	1,1574	1,0416	2,1576	1,6951	2,5682
ACj=Análise Competitiva	1	1	2	2	2	1	1	1	1,5	1	1	0,5	1	1	1	1
DAj=Dificuldade de Actuação	1	1,5	2	2	2	2	1	1,5	2	2	1,5	1	1	2	1,5	1
IQj*=IQj Corrigida	1,7659	2,177783	3,7477	3,817492	4,6096	3,0607	1,722	2,1683	3,8324	3,1291	3,0253	0,8184	1,0416	3,0512	2,0761	2,5682

$$IPI^* = IPI \times VIEi \times VIMI \times VICAi \times VICBi \times VICCi \times VICDI$$

$$IQj = \Sigma(IPI^* \times \text{Relações})/100$$

$$IQj^* = IQj \times \sqrt{DAj} \times \sqrt{VACj}$$

9	Relação Forte
6	Relação Média
3	Relação Fraca

### Escala de Índices

0,5	Fraco
1	Neutro
1,5	Bom
2	Excelente

### Grau de Dificuldade de Actuação

0,5	Baixa
1	Neutra
1,5	Alta
2	Elevada

## **ANEXO IV**

## Matriz de Produto

	Desempenho						Características Dimensionais					Detalhes Técnicos								
	Nº de Velocidades Possíveis	Adaptação aos Diferentes Tipos de Ambiente	Acomodação do Utilizador	Montagem do Dispositivo (antes da utilização)	Accionamento Manual	Accionamento Eléctrico	Rodas (Geometria)	Rodas (Número)	Dimensões do Habitáculo	Dimensões Exteriores	Peso	Facilidade de Manutenção	Protecção do Habitáculo	Geometria da Estrutura	Materiais	Ergonomia	IPi= Importância das Partes	Di= Dificuldade de Desenvolvimento	Ti= Tempo de Desenvolvimento	IPi*= IPi Corrigida
<b>IQj*</b>	1,7659	2,1778	3,7477	3,8175	4,6096	3,061	1,722	2,168	3,832	3,129	3,025	0,8184	1,042	3,0512	2,0761	2,568				
Rodas Motrizes	6	9			3	3	9	9		3	3	9		3	9		1,42	1	1,5	1,74
Rodas Não Motrizes		9					9	9		3	3	6		3	9		1,06	0,5	1	0,75
Dispositivo de Accionamento	6				9	9						9			6	9	1,23	1,5	2	2,12
Sistema de Transmissão	9				9	9	6	6				9			6		1,28	2	2	2,56
Sistema de Direcção					6	6		3				6			6	9	0,93	1,5	1,5	1,4
Sistema de Travagem e Parqueamento		6		3	3	3		3				6			6	3	0,79	1,5	0,5	0,69
Assento			9						6			3	3		9	9	1,04	0,5	0,5	0,52
Habitáculo		6	9	6					9	9	3	3	9	9	9	9	2,23	2	2	4,45
Suporte das Pernas			9						6			3			6	9	0,95	1	1,5	1,16
Estrutura (Plataforma)		9	9	9			3	9	9	9	9	3	9	9	9	6	2,76	2	2	5,51

9	Relação Forte
6	Relação Média
3	Relação Fraca


















## Escala de Índices

0,5	Baixo
1	Neutra
1,5	Alto
2	Elevado



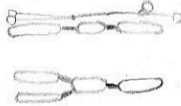


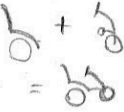

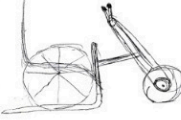
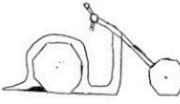






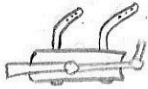


$$IPi = \sum (IQj * \text{Relações}) / 100$$

$$IPi * = IPi \times \sqrt{Di} \times \sqrt{Ti}$$

## **ANEXO V**

Estrutura	4 Rodas 	3 Rodas 	4 Rodas 	3 Rodas 
Habitáculo	Apenas o assento 	Com Estrutura de Proteção 		
Punhos de Accionamento	Punhos Horizontais Desalinhados 	Punhos Horizontais Desalinhados 	Punhos Verticais Alinhados 	Punhos Verticais Desalinhados 
Rodas Motrizes				
Assento				
Sistema de Direcção	Rotação Segundo o Eixo do Veio 	Rotação Segundo um Plano Paralelo ao Utilizador 	Direcção Através de um Apoio no Peito do Utilizador (Deitado) 	

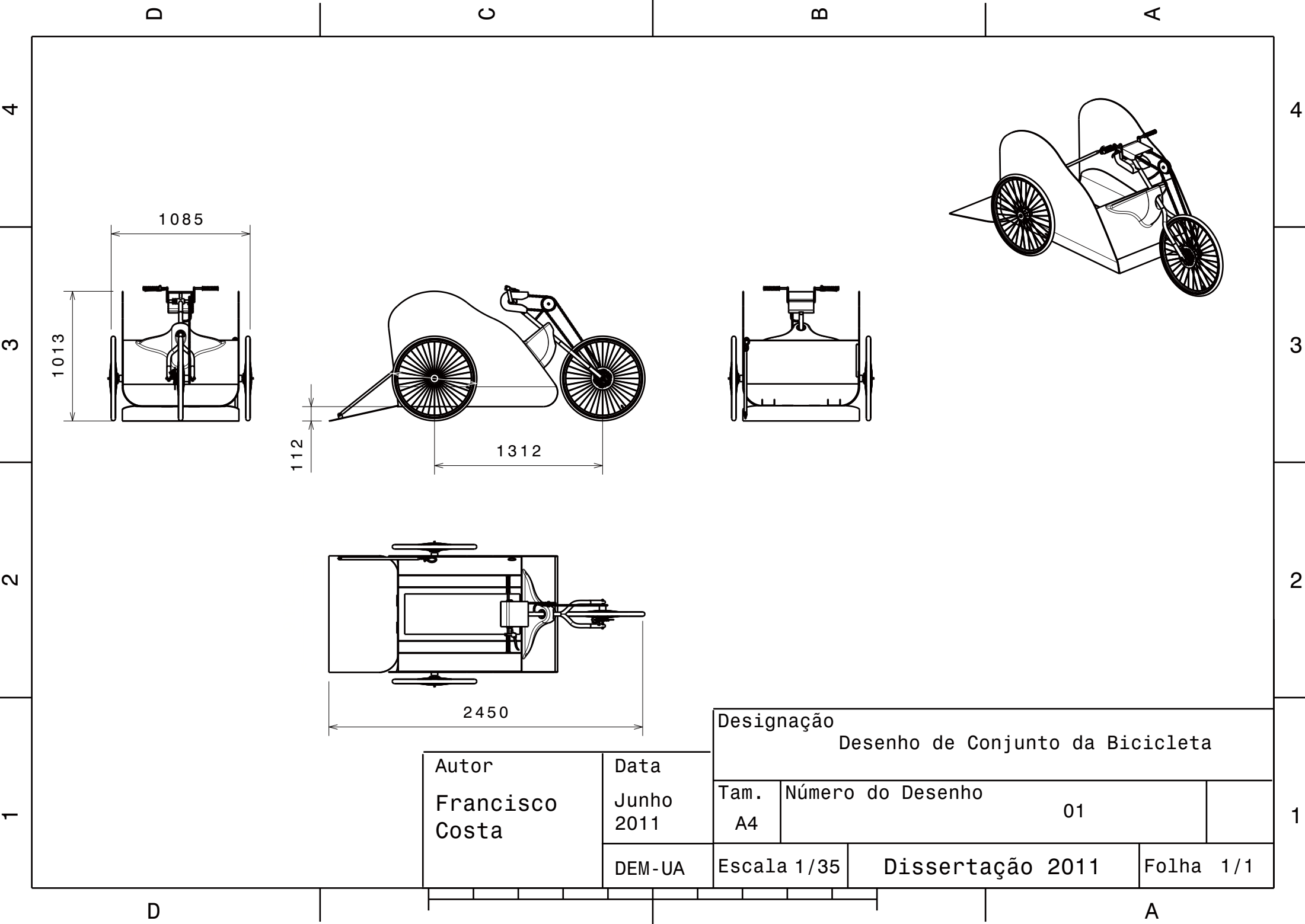
## **ANEXO VI**

Habitáculo+ Assento		Utilização deitado 	Utilização deitado 		
Estrutura	A bicicleta transporta toda a cadeira, que entra pela parte traseira 	Adaptação a cadeira comum 			
Rodas Não Motrizes			Cilindros 		Quadriga 
Punhos de Accionamento					
Suporte para as Pernas	Com Fivelas 	Em Caixa 	Apoio Simples 		



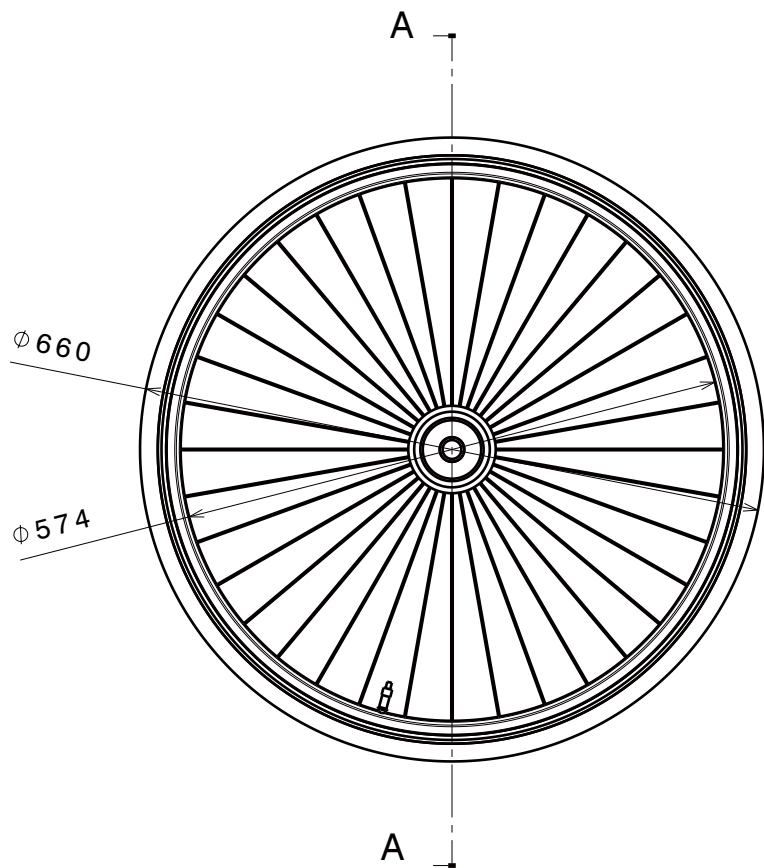


## **ANEXO VII**

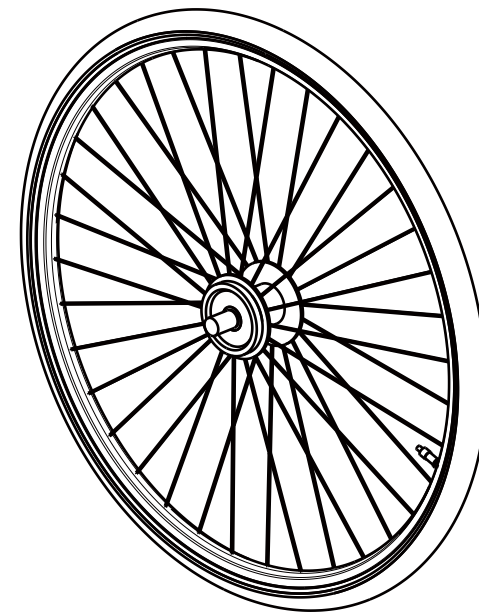
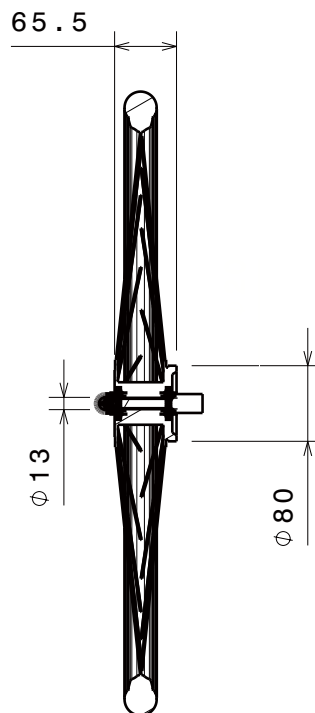


Designação			
Desenho de Conjunto da Bicicleta			
Tam.	Número do Desenho		
A4	01		
Escala 1/35		Dissertação 2011	Folha 1/1

Autor	Data
Francisco Costa	Junho 2011
DEM-UA	



Vista A-A



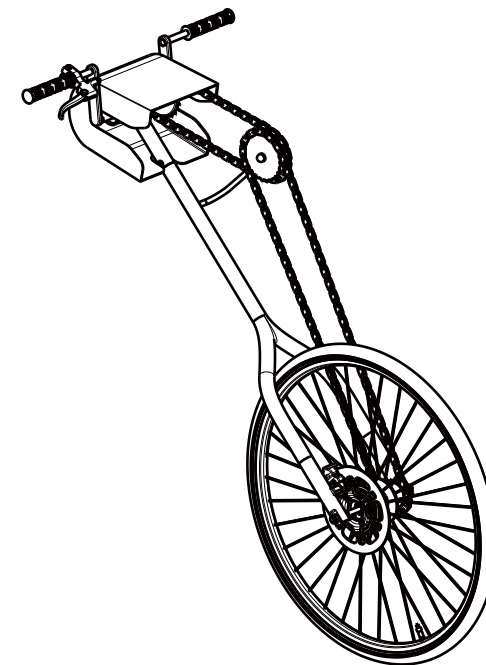
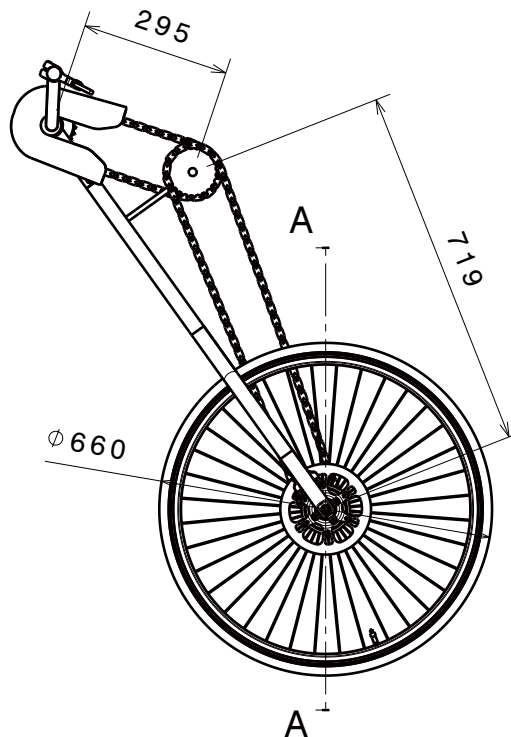
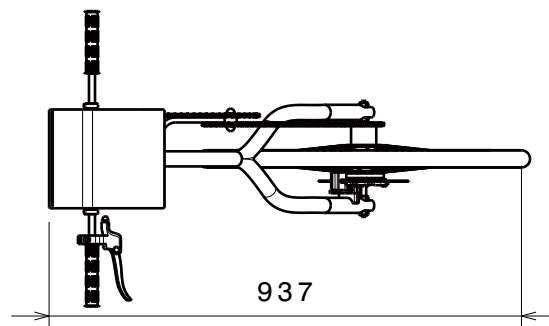
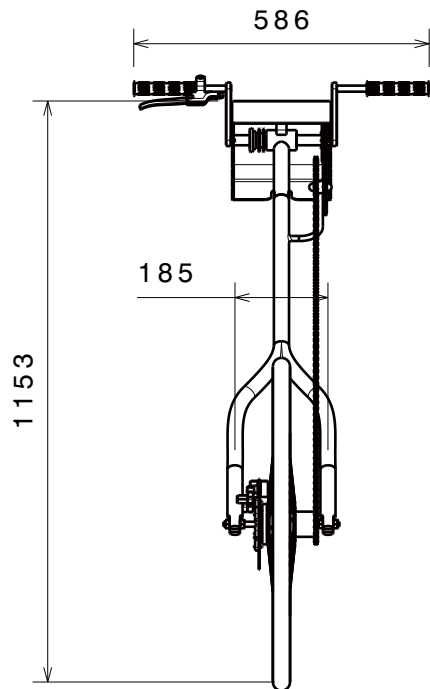
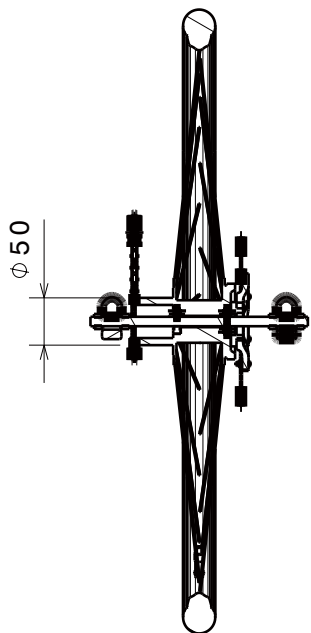
Designação  
Desenho de Conjunto da Roda Traseira

Tam. A4	Número do Desenho 02	
------------	-------------------------	--

DEM-UA	Escala 1/8	Dissertação 2011	Folha 1/1
--------	------------	------------------	-----------

Autor Francisco Costa	Data Junho 2011
-----------------------------	-----------------------

Vista A-A  
Escala 1:8



Designação  
Desenho de Conjunto da Parte Frontal

Autor  
Francisco  
Costa

Data  
Junho  
2011

DEM-UA

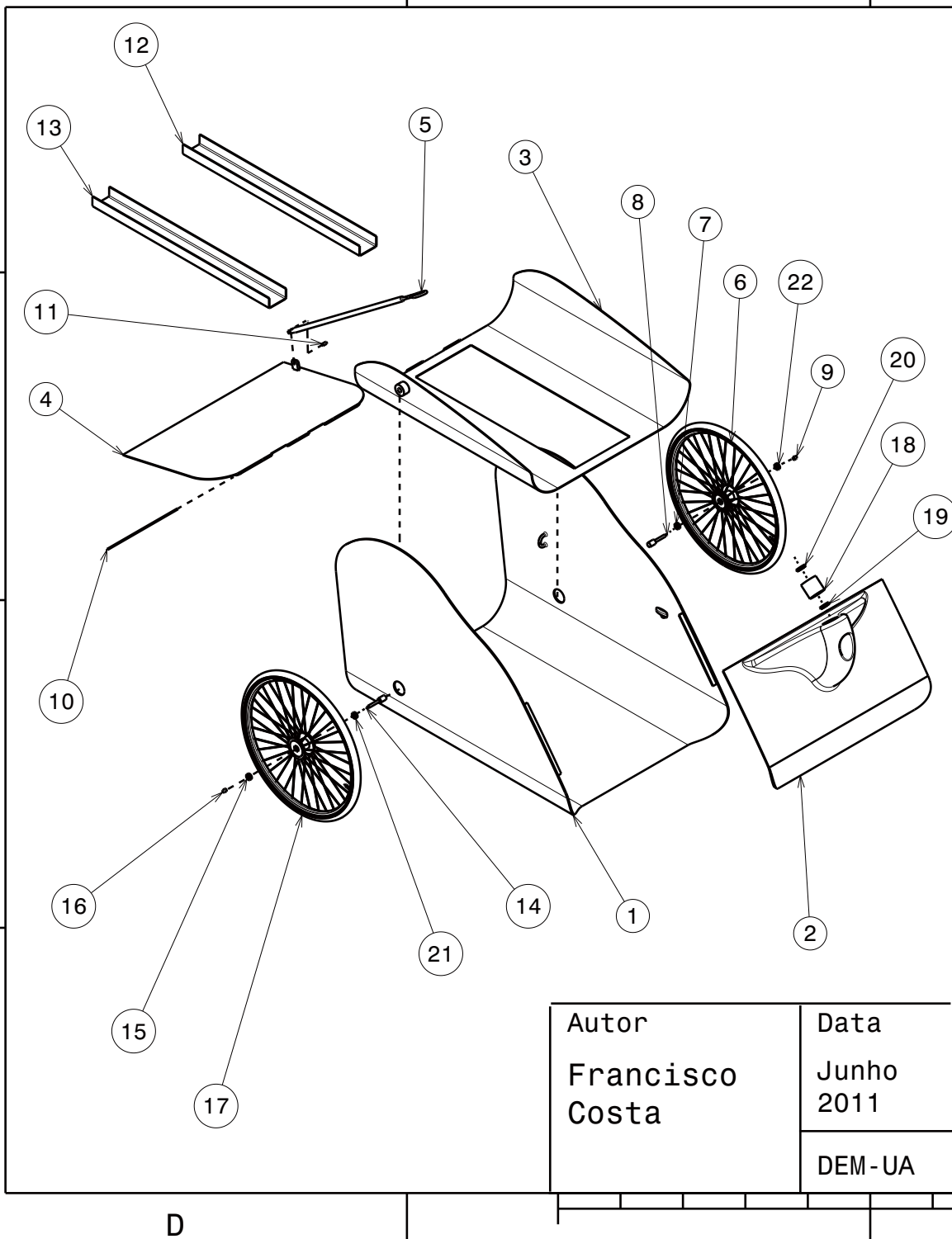
Tam.  
A4

Número do Desenho  
03

Escala 1/15

Dissertação 2011

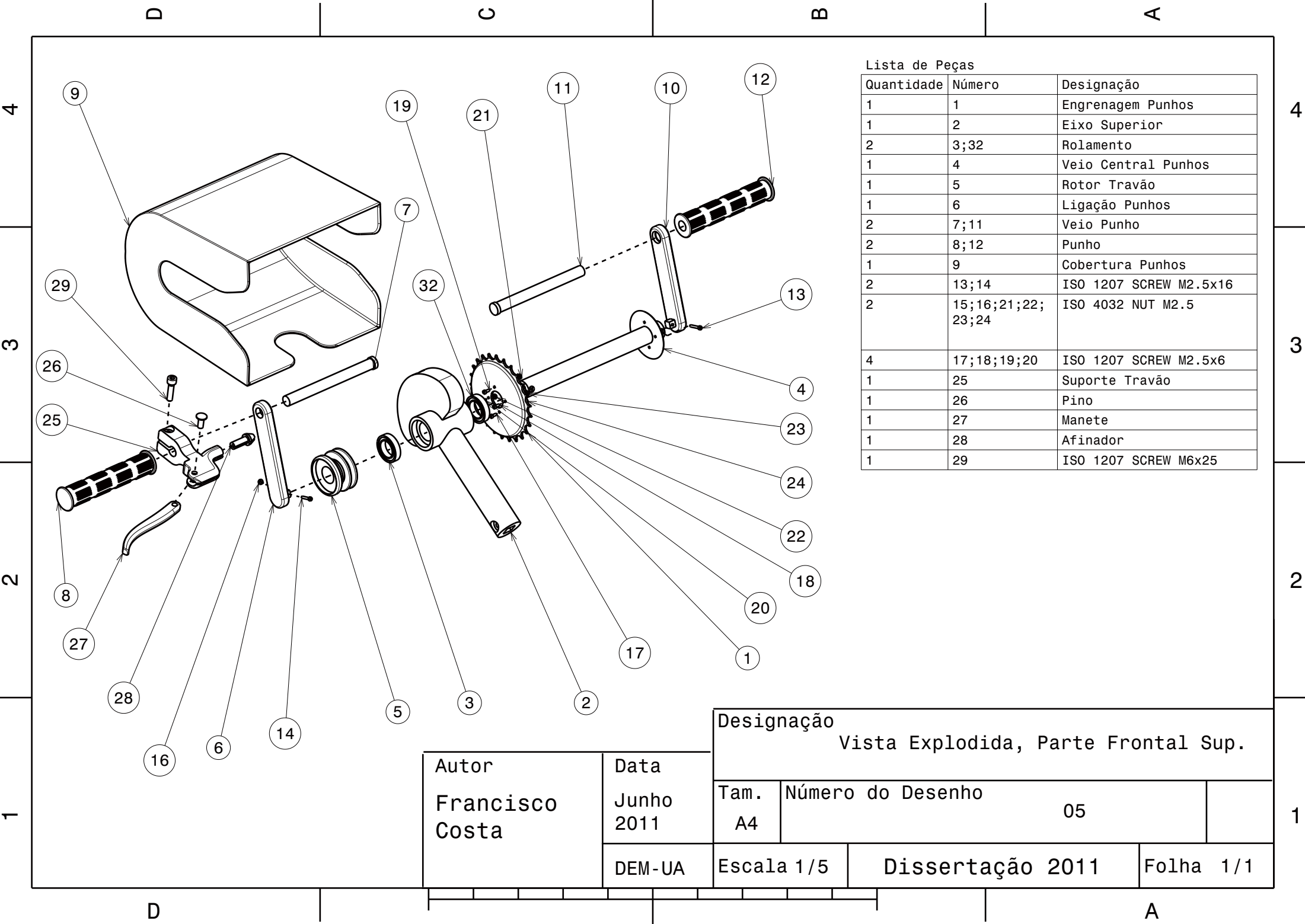
Folha 1/1



## Lista de Peças

Quantidade	Número	Designação
1	1	Estrutura
1	2	Cobertura
1	3	Reforço
1	4	Rampa
1	5	Puxador
2	6;17	Roda
4	7;15;21;22	Rolamento
2	8;14	Veio da Roda
1	9	Tampa do Veio da Roda
1	10	Veio da Rampa
1	11	Veio do Puxador
2	12;13	Calha

Designação			
Vista Explodida, sem Parte Frontal			
Tam.	Número do Desenho		
A4	04		
Escala 1/25	Dissertação 2011		Folha 1/1



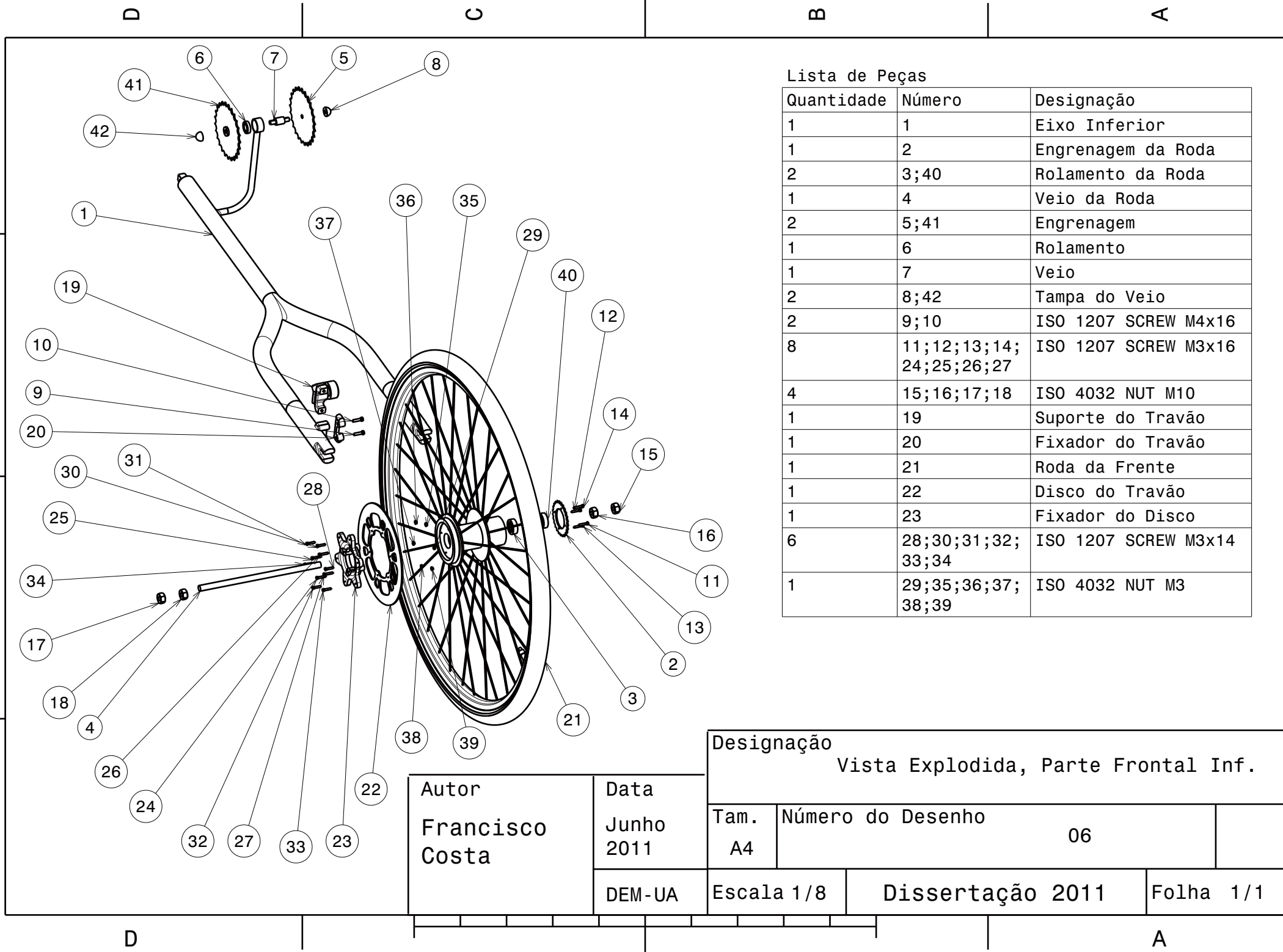
Lista de Peças

Quantidade	Número	Designação
1	1	Engrenagem Punhos
1	2	Eixo Superior
2	3;32	Rolamento
1	4	Veio Central Punhos
1	5	Rotor Travão
1	6	Ligação Punhos
2	7;11	Veio Punho
2	8;12	Punho
1	9	Cobertura Punhos
2	13;14	ISO 1207 SCREW M2.5x16
2	15;16;21;22; 23;24	ISO 4032 NUT M2.5
4	17;18;19;20	ISO 1207 SCREW M2.5x6
1	25	Suporte Travão
1	26	Pino
1	27	Manete
1	28	Afinador
1	29	ISO 1207 SCREW M6x25

Designação  
Vista Explodida, Parte Frontal Sup.

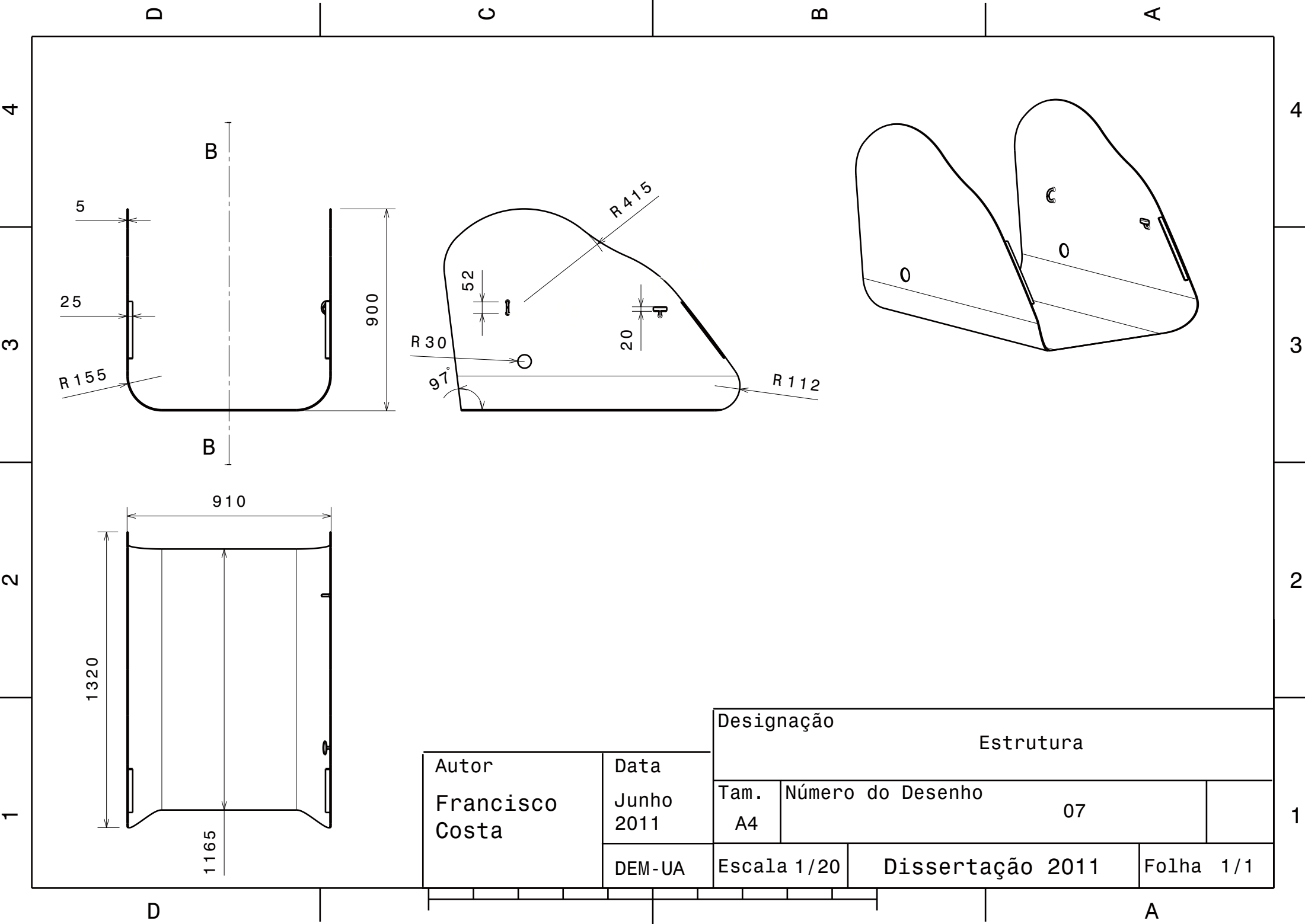
Autor Francisco Costa	Data Junho 2011
	DEM-UA

Tam. A4	Número do Desenho 05	
Escala 1/5	Dissertação 2011	Folha 1/1



Lista de Peças		
Quantidade	Número	Designação
1	1	Eixo Inferior
1	2	Engrenagem da Roda
2	3;40	Rolamento da Roda
1	4	Veio da Roda
2	5;41	Engrenagem
1	6	Rolamento
1	7	Veio
2	8;42	Tampa do Veio
2	9;10	ISO 1207 SCREW M4x16
8	11;12;13;14;24;25;26;27	ISO 1207 SCREW M3x16
4	15;16;17;18	ISO 4032 NUT M10
1	19	Suporte do Travão
1	20	Fixador do Travão
1	21	Roda da Frente
1	22	Disco do Travão
1	23	Fixador do Disco
6	28;30;31;32;33;34	ISO 1207 SCREW M3x14
1	29;35;36;37;38;39	ISO 4032 NUT M3

Designação			
Vista Explodida, Parte Frontal Inf.			
Tam. A4	Número do Desenho 06		
DEM-UA	Escala 1/8	Dissertação 2011	Folha 1/1



D

C

B

A

4

4

3

3

2

2

1

1

B

B

910

1320

1165

900

20

R 30

97°

52

R 415

R 112

0

0

0

Autor  
Francisco  
Costa

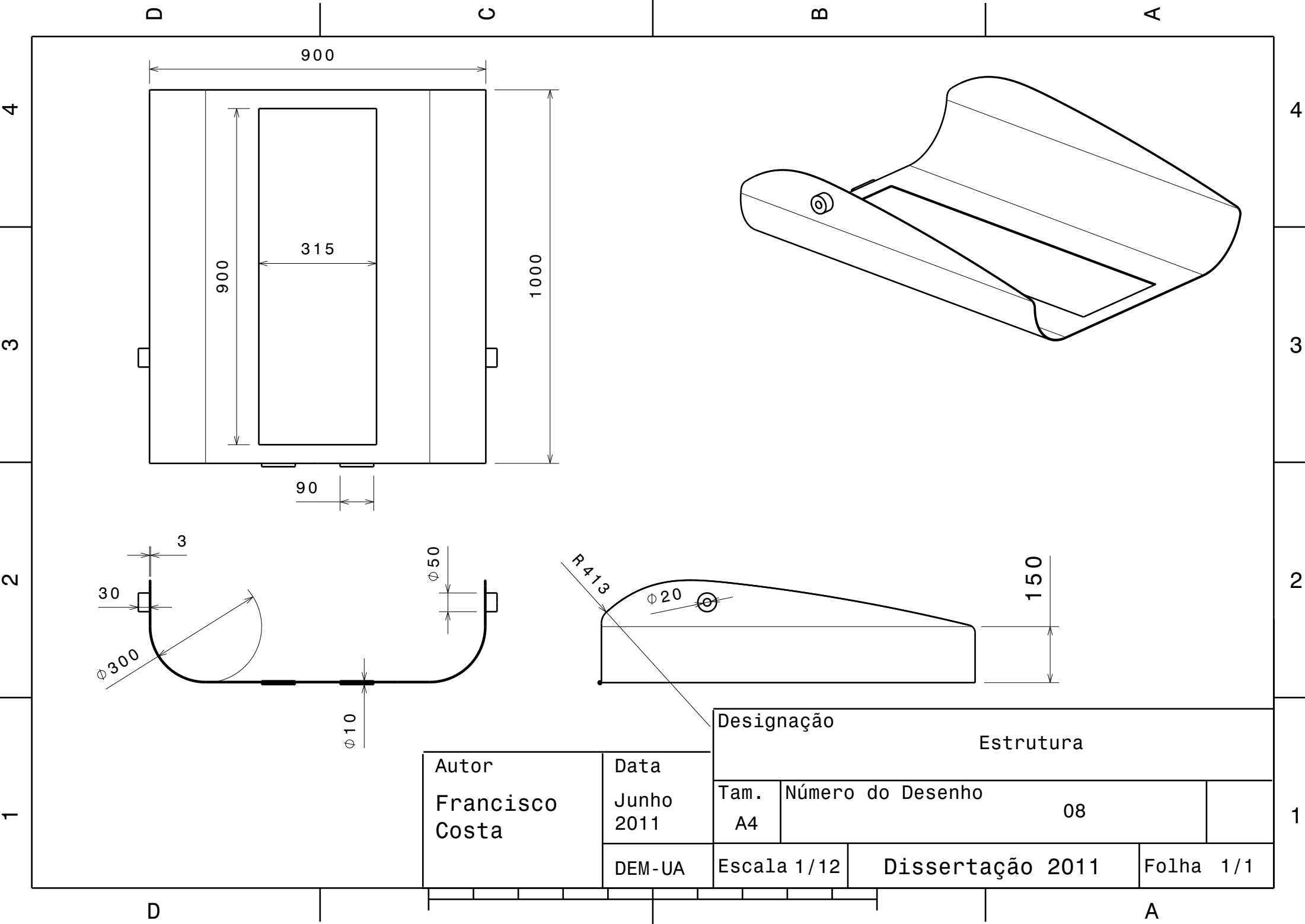
Data  
Junho  
2011  
  
DEM-UA

Designação			
Estrutura			
Tam. A4	Número do Desenho 07		
Escala 1/20	Dissertação 2011		Folha 1/1

D

A





D

C

B

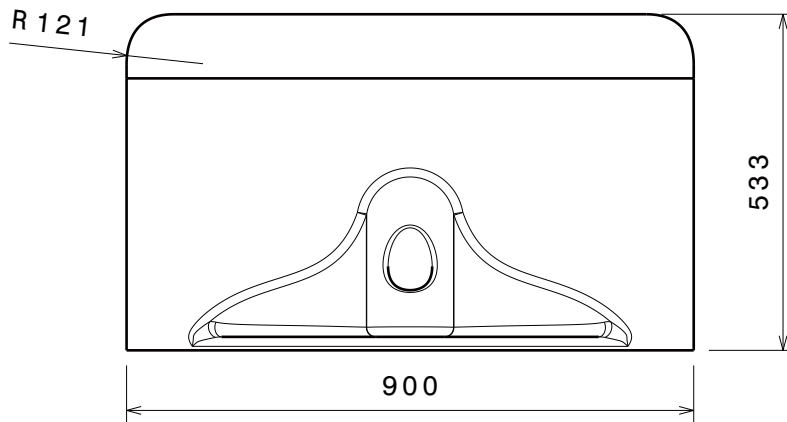
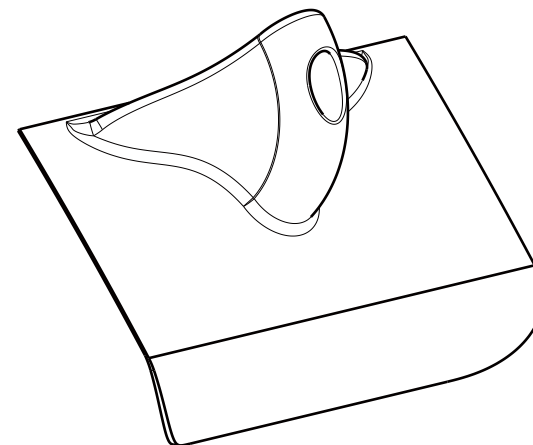
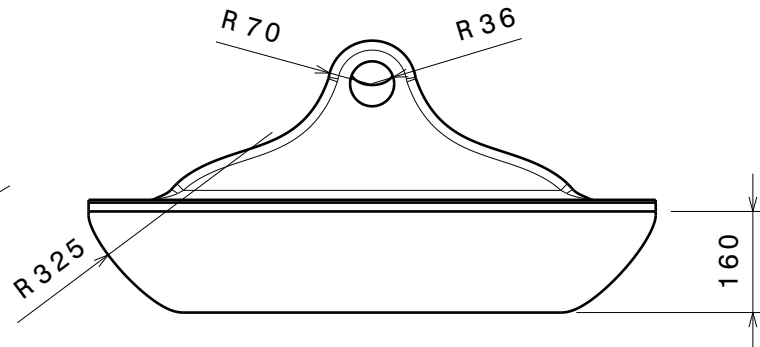
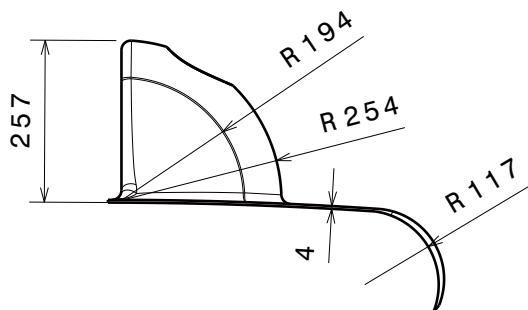
A

4

3

2

1

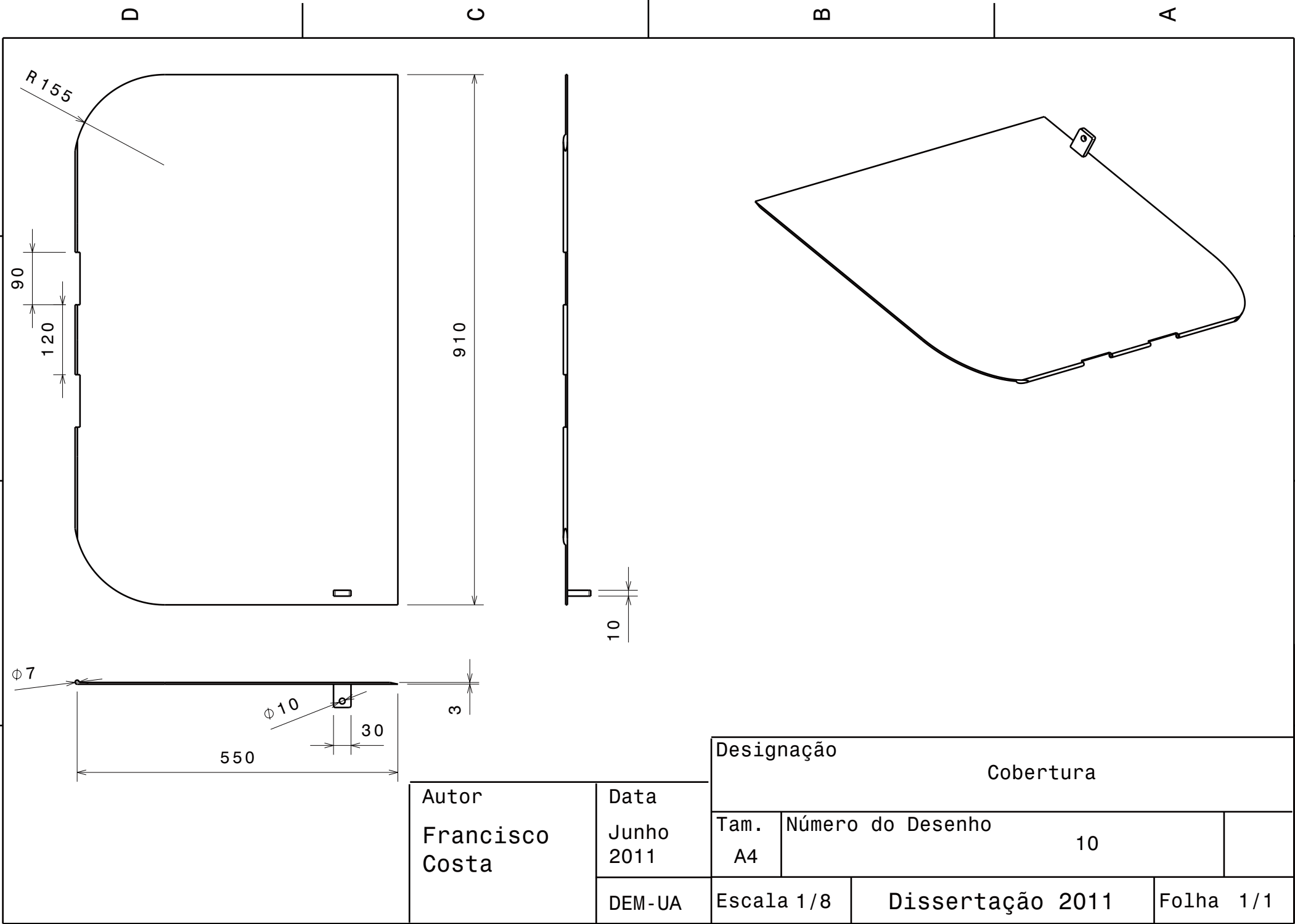


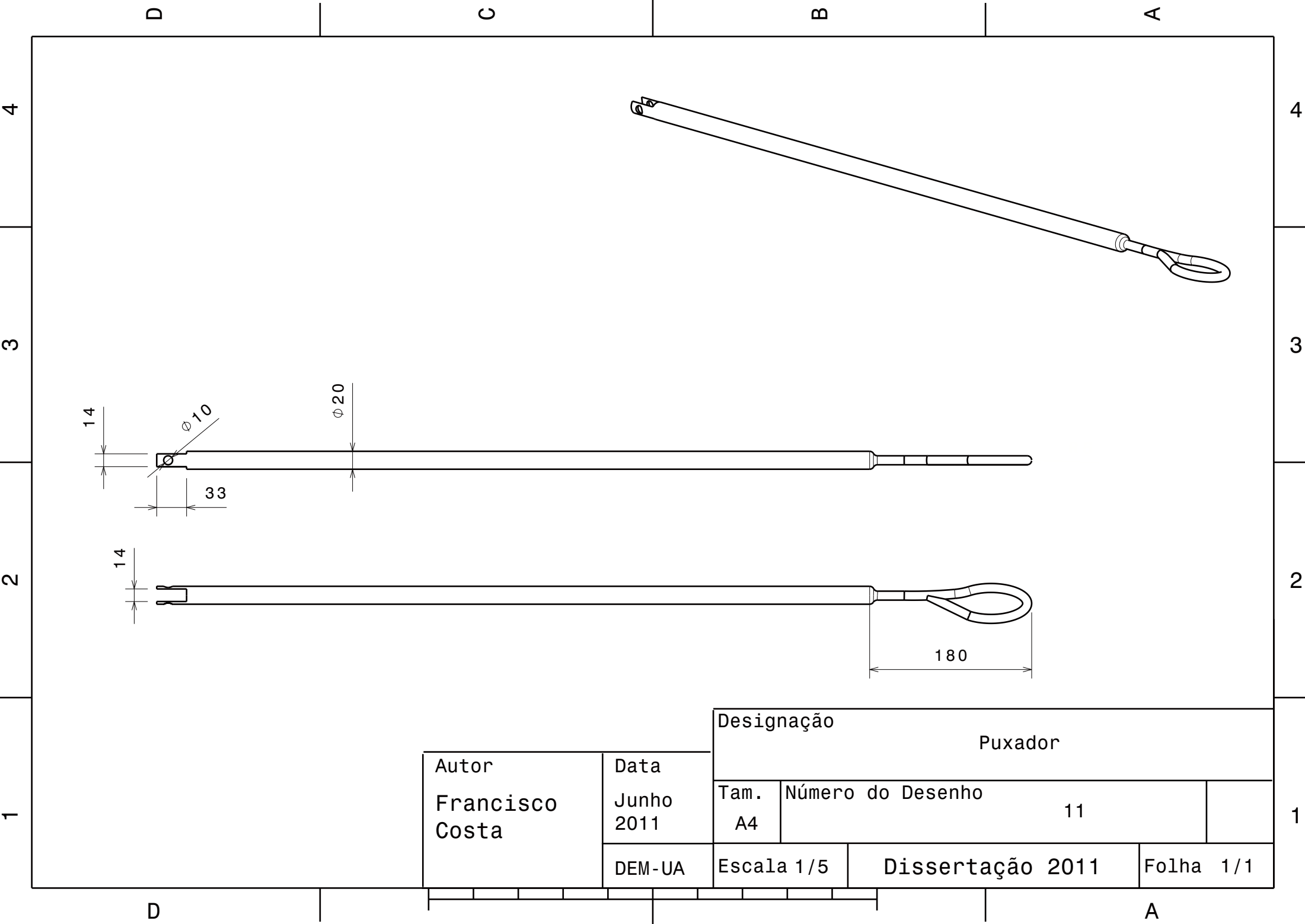
Designação			
Cobertura			
Tam.	Número do Desenho		
A4	09		
DEM-UA	Escala 1/12	Dissertação 2011	Folha 1/1

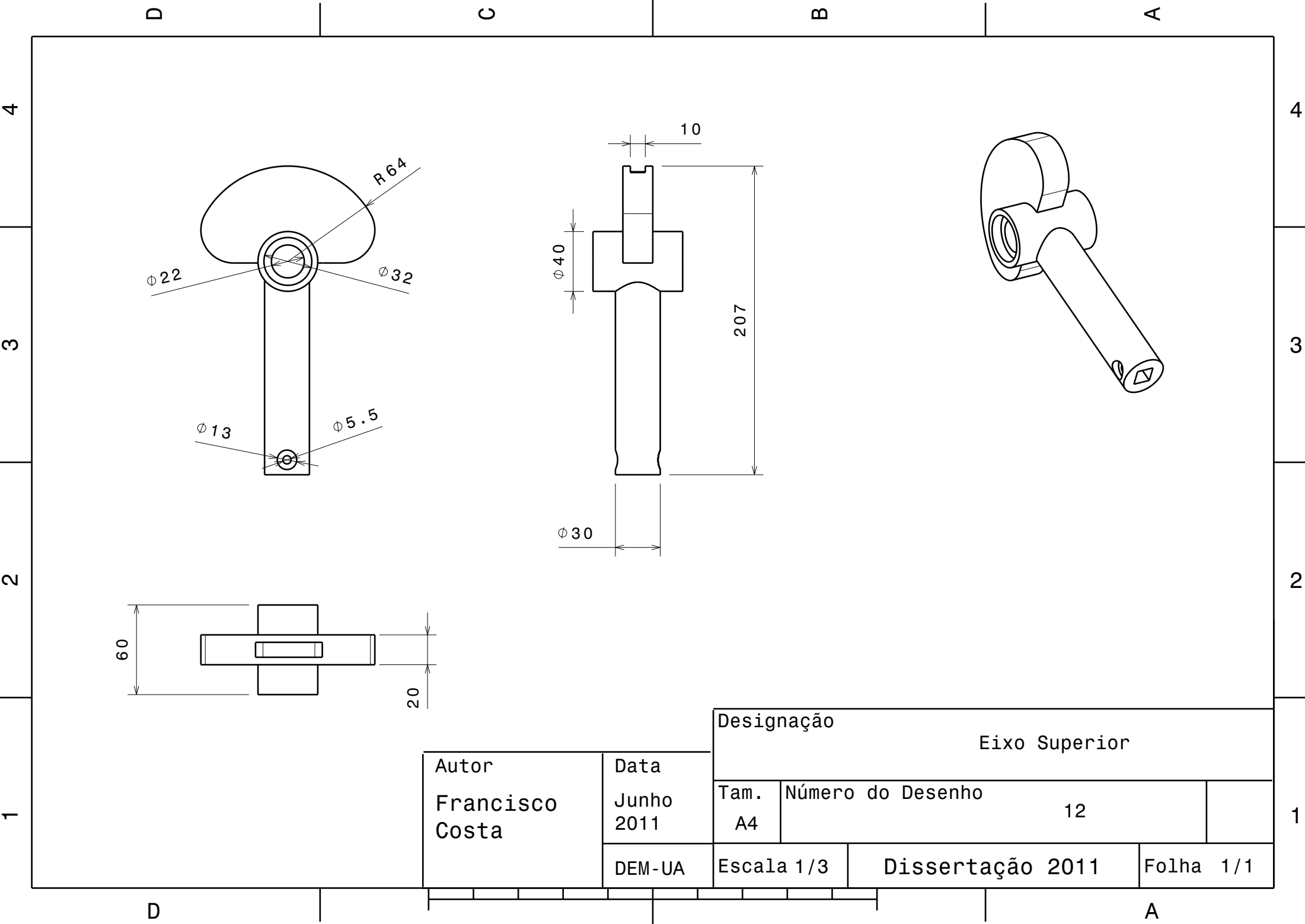
Autor	Data
Francisco Costa	Junho 2011
	DEM-UA

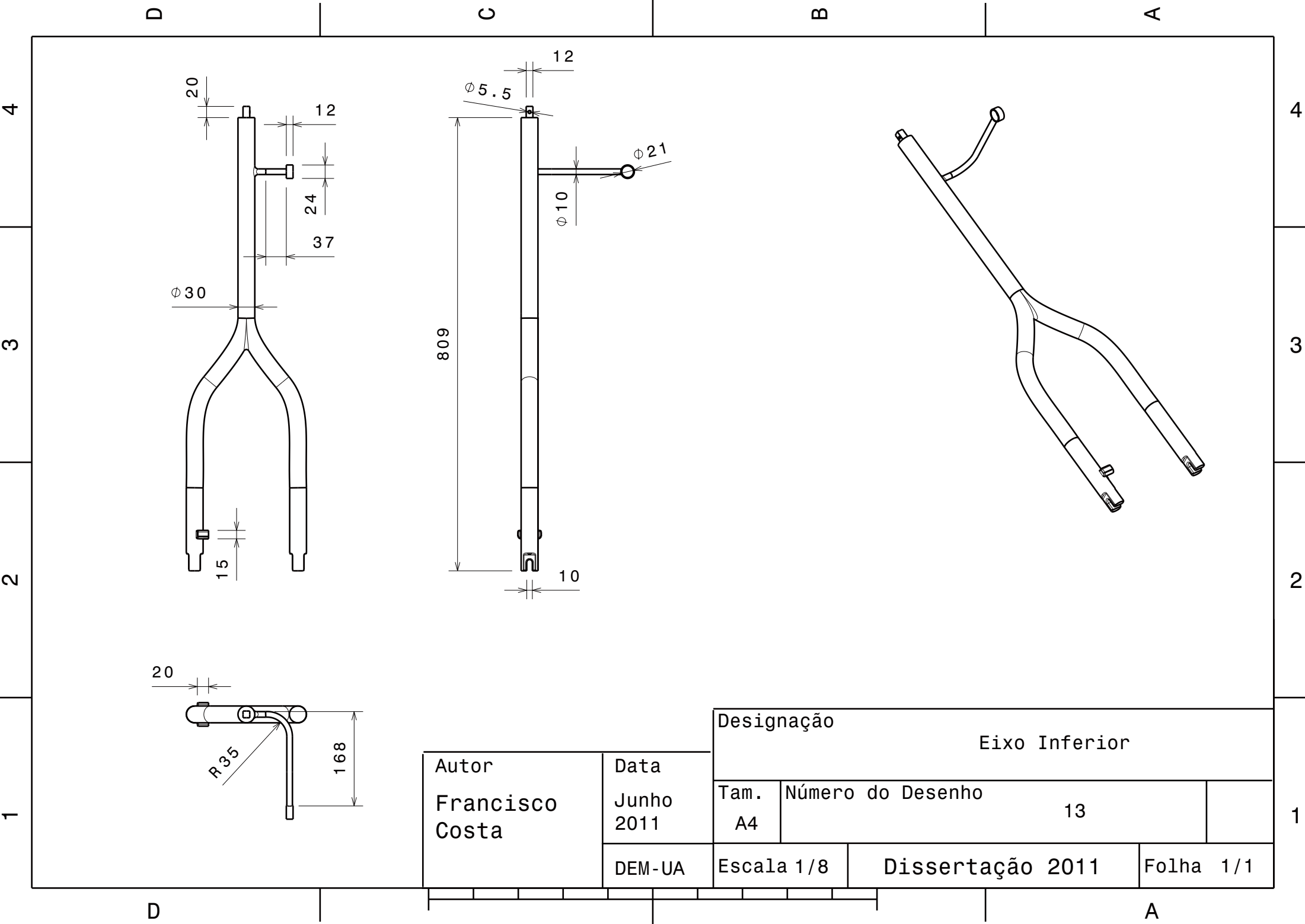
D

A









Autor
Francisco Costa

Data
Junho 2011
DEM-UA

Designação			
Eixo Inferior			
Tam.	Número do Desenho		
A4	13		
Escala 1/8		Dissertação 2011	Folha 1/1

